

(10) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3802527 A1

(51) Int. Cl. 4:  
**G 01 D 5/26**  
G 01 L 5/00  
G 02 B 1/04  
G 02 B 6/02  
G 02 B 26/02  
// E05F 15/20,  
F16P 3/12

(21) Aktenzeichen: P 38 02 527.2  
(22) Anmeldetag: 28. 1. 88  
(43) Offenlegungstag: 11. 8. 88

Behördeneigentum

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

29.01.87 JP P 17377/87 30.01.87 JP P 18719/87  
19.02.87 JP P 34650/87 05.03.87 JP P 48910/87  
06.03.87 JP P 50388/87

(71) Anmelder:

Bridgestone Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Eitle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing.  
Dr.rer.nat.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Füchsle, K.,  
Dipl.-Ing.; Hansen, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Brauns, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Görg, K.,  
Dipl.-Ing.; Kohlmann, K., Dipl.-Ing.; Kolb, H.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Ritter und Edler von  
Fischern, B., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte; Nette, A.,  
Rechtsanw., 8000 München

(72) Erfinder:

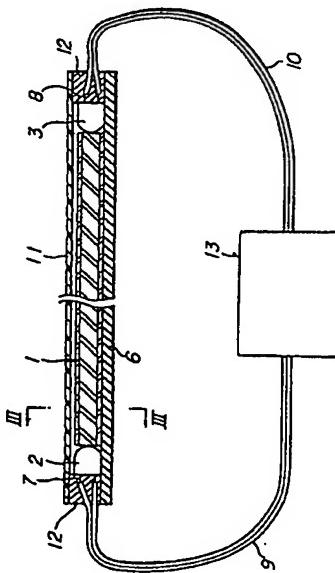
Ishiharada, Minoru, Kodaira, Tokio/Tokyo, JP;  
Chikaraishi, Toshio, Akishima, Tokio/Tokyo, JP;  
Kaneda, Hiroshi, Kodaira, Tokio/Tokyo, JP; Tomita,  
Seisuke, Tokorozawa, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(64) Druckempfindlicher Fühler

Ein druckempfindlicher Fühler umfaßt eine optische Wellenführung (1), bestehend aus einem Kern (4) und einer Umhüllung (5), und eine lichtaussendende Einrichtung (2) und eine lichtempfangende Einrichtung (3), die jeweils mit der optischen Wellenführung (1) verbunden sind. Der Kern (4) besteht aus einem transparenten Material mit einem Brechungsindex, der etwas größer als der des Materials ist, aus dem die Umhüllung (5) besteht, und ist aus der Gruppe von Chloroprenkunststoff, Urethangummi, Silikongummi, Fluorogummi, Acrylgummi, Ethylenpropylengummi, Ethylenpropylidenterpolymergummi und Epichlorohydringummi ausgewählt.

FIG. 2



DE 3802527 A1

DE 3802527 A1

## Patentansprüche

1. Druckempfindlicher Fühler, gekennzeichnet durch einen optischen Wellenleiter (1), bestehend aus einem Kern (4) und einer Umhüllung (5), die beide aus einem elastomerem Material bestehen, einer lichtaussendenden Einrichtung (2) und einer lichtempfangenden Einrichtung (3), die beide mit dem optischen Wellenleiter (1) verbunden sind, wobei der Kern (4) transparent ist und einen Brechungsindex aufweist, der etwas größer als der des Umhüllungsmaterials (108, 146) ist und aus einem synthetischen Gummi besteht, das aus der Gruppe, bestehend aus Chloroprengummi, Urethangummi, Silikongummi, Fluoringummi, Acrylgummi, Ethylenpropylengummi, Ethylenpropylendienterpolymergummi und Epichlorohydringummi ausgewählt ist.
2. Druckempfindlicher Fühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kernmaterial (102, 20 145) eine polyorganosiloxanenthaltende Alkylgruppe ist, und daß das Umhüllungsmaterial (108, 146) aus einer Gruppe, bestehend aus Polydimethylsiloxan, fluorinenthaltes Polyorganosiloxan und eine polyorganosiloxanenthaltende Alkylgruppe ausgewählt ist.
3. Druckempfindlicher Fühler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Kernmaterial (102, 30 145) aus Methylphenylpolysiloxan oder Dimethylphenylpolysiloxan besteht, das einen Phenylgruppengehalt von 5 – 40% aufweist und einen Brechungsindex von 1,42 – 1,54 hat, und daß das Umhüllungsmaterial (108, 146) aus Dimethylpolysiloxan mit einem Brechungsindex von 1,40 besteht.
4. Druckempfindlicher Fühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtaussendende Einrichtung (2) entweder eine lumineszierende Diode oder eine Glühlampe oder ein Halbleiterlaser ist.
5. Druckempfindlicher Fühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtempfangende Einrichtung (3) entweder eine Fotodiode oder ein Phototransistor ist.
6. Druckempfindlicher Fühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenleiter (1) an 45 einem Ende mit einem Reflektor (21) versehen ist.
7. Verfahren zur Herstellung eines flexiblen optischen Wellenleiters (1), bestehend aus einem Kern (4) aus einem transparenten, gummiartigen Elastomer mit einem hohen Brechungsindex und einer Umhüllung (5) aus einem gummiartigen Elastomer mit einem niedrigen Brechungsindex, wobei durch eine Düse (103) ein hochviskoses, transparentes Kernmaterial (102) extrudiert wird und auf das extrudierte transparente Kernmaterial (102) ein transparentes, flüssiges Beschichtungsmaterial (105) mit niedriger Viskosität aufgebracht wird, und dann das Kernmaterial (102) und das Beschichtungsmaterial (105) ausgehärtet wird und dann ein flüssiges Umhüllungsmaterial (108) auf den äußeren Umfang des Beschichtungsmaterials (105) aufgebracht wird und dann das Umhüllungsmaterial (108) ausgehärtet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Kernmaterial (102) eine Williamsplastizität von 50 – 1000 aufweist und ein synthetisches Gummi ist, das aus der Gruppe, bestehend aus Chloroprengummi, Urethangummi, Silikon-

- gummi, Acrylgummi, Fluoringummi, Ethylenpropylengummi, Ethylenpropylendienterpolymergummi und Epichlorohydringummi ausgewählt ist.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichtungsmaterial (105) einen Brechungsindex hat, wobei die Differenz zwischen dem Brechungsindex des Kernmaterials (102) und des Beschichtungsmaterials (105) nicht größer als 0,01 ist und gleich dem des Kernmaterials (102) ist.
10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Aushärten durch Erwärmen in einem elektrischen Ofen, in einem Heißluftofen, einem Heißdampföfen oder einem heißen Flüssigkeitsbad (106, 110) durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Aushärten durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen, einer Bestrahlung oder einem Elektronenstrahl durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Umhüllungsmaterial (108) ein flüssiges Gummi ist, das aus der Gruppe, bestehend aus flüssigem Silikongummi, flüssigem Fluoringummi, flüssigem Butadiengummi und flüssigem Epichlorohydringummi ausgewählt wird und einen Brechungsindex aufweist, der kleiner als der des Kernmaterials (102) ist.
13. Verfahren zur Herstellung eines flexiblen optischen Wellenleiters (1), bestehend aus einem Kern (4) aus einem transparenten, gummiartigen Elastomer mit einem hohen Brechungsindex und einer Umhüllung (5) aus einem gummiartigen Elastomer mit einem niedrigen Brechungsindex, wobei man ein Umhüllungsrohr aus einem flexiblen, hohlen, rohrförmigen Körper (123) herstellt und die Innenseite mit einer Zwischenschicht versieht, man dann ein flüssiges Kernmaterial mit einem Brechungsindex, der größer als der der Zwischenschicht ist, ins Innere der rohrförmigen Umhüllung (123) gießt, und dann das Kernmaterial durch Erwärmen oder Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen, einer Bestrahlung oder einem Elektronenstrahl aushärtet.
14. Verfahren zur Herstellung eines flexiblen optischen Wellenleiters (1), bestehend aus einem Kern (4) aus einem transparenten, gummiartigen Elastomer mit einem hohen Brechungsindex und einer Umhüllung (5) aus einem gummiartigen Elastomer mit einem niedrigen Brechungsindex, wobei man gleichzeitig ein flüssiges Kernmaterial (145) und ein flüssiges Umhüllungsmaterial (146) durch konzentrisch angeordnete Düsen (141, 142) extrudiert und das extrudierte Umhüllungsmaterial (146) durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen (147), Bestrahlung oder einen Elektronenstrahl aushärtet und das extrudierte Kernmaterial (145) durch Erwärmen (148) aushärtet.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen druckempfindlichen Fühler, der zur Erfassung der Wirkung einer von außen aufgebrachten Kraft mit einer hohen Empfindlichkeit dient, wobei eine elastische Verformung eines optischen Wellenleiters stattfindet, und der eine ausgezeichnete Wärme- und Stoßwiderstandsfähigkeit aufweist. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Wellenleiters, der bei einem

derartigen druckempfindlichen Fühler verwendet wird, und bezieht sich insbesondere auf ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Wellenleiters, der ausreichend verbesserte optische Übertragungseigenschaften aufweist, wobei ein Strahlstreuungsverlust und andere Verluste an einer Grenzschicht zwischen dem Kern und der Hülle vermieden werden.

Um das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer von außen einwirkenden Kraft und deren Größe festzustellen, ist bisher ein druckempfindlicher Fühler bekannt, wie er in der offengelegten JA-PS 55-1 33 709 beschrieben ist, wobei ein Paar Elektroden nahe an gegenüberliegenden Flächen eines druckleitenden Gummis angeordnet sind, um einen Kontaktmechanismus auszubilden, und ein Kabel mit jeder der Elektroden verbunden ist und der Kontaktmechanismus luftdicht mit einer isolierenden Beschichtung umhüllt ist, um auf diese Weise einen bandähnlichen, druckempfindlichen Fühler auszubilden.

Allgemein dienen bandähnliche, druckempfindliche Fühler zur Ein-Aussteuerung eines Motors oder ähnlichem, der mit einem Schaltkreis verbunden ist, wenn ein elektrischer Widerstandswert des druckleitenden Gummis allmählich abnimmt und einen Wert unterhalb eines gegebenen Wertes erreicht, wenn die von außen auf das druckleitende Gummi einwirkende Kraft zunimmt.

Bei diesem druckempfindlichen Fühler besteht jedoch das Problem, daß, wenn das druckleitende Gummi einer wiederholten Verformung, wie z. B. einem Zusammendrücken, einem Verbiegen, einer Torsion oder ähnlichem, unterworfen wird, metallisches Pulver und andere im Inneren des druckleitenden Gummis dispergierte Teilchen sich relativ früh von dem Gummi lösen und weiter die Elektrode, die aus einer Metallplatte, einem dünnen Metallblech, einem leitenden Film, einem beschichteten Film oder ähnlichem besteht, frühzeitig bricht oder anderweitig durch die wiederholte Verformung beschädigt wird.

Weiter kann, wenn das Kabel gebrochen ist oder der druckempfindliche Fühler hinsichtlich seines Aufbaus einen anderen Fehler aufweist, oder wenn die Energieversorgung zufällig unterbrochen ist, auch wenn auf den druckempfindlichen Führer tatsächlich eine Kraft von außen einwirkt, das die von außen einwirkende Kraft erfassende Signal nicht ausgegeben werden, so daß, wenn ein derartiger druckempfindlicher Fühler in einem Roboter oder einer anderen Sicherheitseinrichtung verwendet wird, das Problem eines ernsthaften Unfalls besteht. D. h., wenn der druckempfindliche Fühler in einer Sicherheitseinrichtung verwendet wird, die Sicherheitseinrichtung im Falle einer abnormalen Situation in Richtung einer garantierten Sicherheit bewegt werden muß oder eine Selbstwarnung hinsichtlich des abnormalen Zustandes stattfinden muß. In diesem Fall befindet sich der übliche druckempfindliche Fühler in einem ähnlichen Zustand wie in dem Fall, wenn keine Kraft von außen einwirkt, auch wenn eine Kraft von außen einwirkt, so daß die Funktion als Sicherheitseinrichtung nicht ausreichend ist.

Um diese Probleme zu beheben, wird in der offengelegten JA-PS 61-34 493 ein druckempfindlicher Fühler vorgeschlagen, der eine flexible optische Faser, eine lichtaussendende Einrichtung zum Einbringen eines Lichtstrahls in die optische Faser und eine lichtempfangende Einrichtung zum Empfangen des im Innern der optischen Faser übertragenen Lichtstrahls und zur Umwandlung eines einer empfangenen Lichtmenge proportionalen Spannungssignals in einen binären Code vergli-

chen mit einem Schwellenwert umfaßt, wobei die Krümmung der optischen Faser an einem Kontaktzustand mit einem Gegenstand durch die Zunahme des optischen Verlustes festgestellt wird.

Da ein derartiger Fühler ein optischer Fühler ist, ist es nicht notwendig, leitende Partikel dispersionsmäßig zu mischen oder eine Elektrode anzukleben, so daß die Ursache der oben geschilderten Probleme bei einem druckempfindlichen Fühler der druckleitendes Gummi verwendet, nicht besteht. Im Falle eines abnormalen Zustandes, wie z. B. bei einem fehlerhaften Fühler oder einer zufälligen Unterbrechung der Energieversorgung, nimmt die an der lichtempfangenden Einrichtung ankommende Lichtmenge ab oder geht auf Null, ähnlich wie im Falle der Einwirkung einer Kraft von außen auf den Fühler, so daß, wenn der Fühler als Sicherheitseinrichtung verwendet wird, eine ausreichende Sicherheit im Falle des Auftretens einer abnormalen Situation sichergestellt ist.

Der druckempfindliche Fühler weist jedoch als optischer Fühler eine Quarzfaser, eine Mehrkomponentenglassierenfaser oder eine plastische Faser als optische Faser auf. Obwohl diese optische Faser flexibel ist, ist die Festigkeit zu hoch, so daß der Verformungsgrad der Faser niedrig ist und es unmöglich ist, Verformungen, wie z. B. eine große Druckverformung in Richtung senkrecht zur axialen Linie, eine teilweise große Biegeverformung und ähnliches, zu erreichen.

Es ergeben sich daher folgende Probleme:

- 1) Auch wenn eine Kraft von außen auf den druckempfindlichen Fühler aufgebracht wird, ist der Verformungsbetrag des Fühlers und daher der Strahlungsverlust gering und entsprechend ist die Empfindlichkeit des Fühlers sehr niedrig;
- 2) wenn der Fühler übermäßig verformt wird, tritt ein Bruch, eine plastische Verformung oder ähnliches der optischen Faser auf; und
- 3) da die optische Faser nicht einer ausreichenden Längsverformung unterworfen werden kann, tritt im Falle einer Biegeverformung des druckempfindlichen Fühlers ein Lösen der optischen Faser von der lichtaussendenden oder der lichtempfangenden Einrichtung infolge einer großen Kraftkomponente in einer Zug- und Druckspannungsrichtung auf.

Insbesondere liegt, wenn man eine optische Faser aus einer plastischen Faser verwendet, der Erweichungspunkt der plastischen Faser in einem Bereich von 80 – 125°C, so daß es unmöglich ist, den druckempfindlichen Fühler in einer Umgebung zu verwenden, deren Temperatur über 80°C liegt. Andererseits liegt die Glasübergangstemperatur der optischen Faser gewöhnlich bei Raumtemperatur, so daß die Eigenschaften der plastischen Faser schnell unterhalb Raumtemperatur abnehmen, so daß weiter das Problem der unteren Begrenzung hinsichtlich der Temperatur des druckempfindlichen Fühlers besteht.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen druckempfindlichen Fühler zu schaffen, der eine verbesserte Wärmewiderstandsfähigkeit und eine verbesserte Stoßwiderstandsfähigkeit aufweist, wobei eine beträchtliche Steigerung der Ansprechempfindlichkeit auf eine von außen einwirkende Kraft erreicht werden soll, indem der optische Wellenleiter eine ausreichende Druckverformungsfähigkeit in einer Richtung quer zur axialen Linie und eine große Biegeverformungsfähigkeit aufweist, ohne daß dabei die Probleme bei einem

druckempfindlichen Fühler auftreten, der ein druckleidendes Gummi verwendet, und mit Sicherheit ein Brechen, eine plastische Verformung und ähnliches des optischen Wellenleiters und weiter ein Lösen des optischen Wellenleiters von der lichtaussendenden oder lichtempfangenden Einrichtung verhindert wird.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 gekennzeichnete Erfindung gelöst, d. h. es wird ein druckempfindlicher Fühler geschaffen, der einen optischen Wellenleiter, bestehend aus einem Kern und einer Umhüllung, die beide aus einem elastomerem Material bestehen, eine lichtaussendende Einrichtung und eine lichtempfangende Einrichtung, die beide mit dem optischen Wellenleiter verbunden sind, wobei der Kern transparent ist und einen Brechungsindex aufweist, der etwas größer als der des Umhüllungsmaterials ist und aus einem synthetischen Gummi besteht, das aus der Gruppe, bestehend aus Chloroprengummi, Urethangummi, Sili-kongummi, Fluoringummi, Acrylgummi, Ethylenpropylengummi, Ethylenpropylendienterpolymergummi und Epichlorohydringummi ausgewählt ist, umfaßt.

Wenn auf den erfindungsgemäßen druckempfindlichen Fühler direkt oder indirekt eine Kraft von außen aufgebracht wird, wird eine elastische Verformung, wie z.B. eine Druckverformung, eine Biegeverformung oder ähnliches, im optischen Wellenleiter bewirkt, so daß ein Teil des von der lichtaussendenden Einrichtung in den optischen Wellenleiter eingeleiteten Lichts von dem Kern in die Umhüllung an dem plastisch verformten Abschnitt eintritt und nach außen strahlt, wodurch die an der lichtempfangenden Einrichtung ankommende Lichtmenge entsprechend vermindert wird. Bei dem erfindungsgemäßen Fühler wird daher ein der empfangenden Lichtmenge entsprechendes Spannungssignal durch die lichtempfangende Einrichtung erfaßt, wodurch die Größe der von außen einwirkenden Kraft quantitativ mit einer ausgezeichneten Empfindlichkeit erfaßt werden kann, und wobei weiter das Spannungssignal im Vergleich zu einem Schwellenwert binalisiert wird, wodurch ein Schaltvorgang ausgelöst wird, wenn die von außen einwirkende Kraft größer als ein bestimmter Wert ist.

Da der optische Wellenleiter einen Kern aus elastischem Material und eine Umhüllung aufweist, kann er einer großen Druckverformung in einer Richtung quer zur Achse und einer teilweise großen Biegeverformung unterworfen werden, so daß das Vorhandensein und die Größe der von außen auf den druckempfindlichen Fühler einwirkenden Kraft mit ausgezeichneter Empfindlichkeit erfaßt werden kann. Auch wenn der Fühler übermäßig gekrümmmt wird, besteht keine Gefahr eines Bruches, einer plastischen Verformung und ähnlichem im optischen Wellenleiter. Wenn der druckempfindliche Fühler beispielsweise sehr stark verformt wird, wenn eine relativ große Kraftkomponente auf den Führer in Zug- oder Druckspannungsrichtung aufgebracht wird, besteht keine Gefahr, daß sich der optische Wellenleiter von der lichtaussendenden oder lichtempfangenden Einrichtung löst, da der Fühler sehr stark gedehnt werden kann.

Da der Kern aus einem synthetischen Gummi besteht, können die optischen Eigenschaften und die mechanischen Eigenschaften des optischen Wellenleiters gewöhnlich ausreichend in einem Temperaturbereich von über 100°C bis unterhalb des Gefrierpunktes stabilisiert werden, wobei die Stoßwiderstandsfähigkeit verbessert wird.

Die Verwendung von Naturgummi, Butadiengummi,

Isopren-gummi oder ähnlichem als Kernmaterial ist ausgeschlossen, da deren Wärmeleitfähigkeit und Transparenz infolge des Vorhandenseins einer doppelten Bindung niedrig sind.

- 5 Es ist bekannt, daß der flexible optische Wellenleiter aus einem Kern, bestehend aus einem transparenten, gummiartigen Elastomer mit einem hohen Brechungsindex und einer Umhüllung aus einem gummiartigen Elastomer mit einem niedrigen Brechungsindex, der bei 10 dem erfindungsgemäßen druckempfindlichen Fühler verwendet wird, beispielsweise nach einem Verfahren hergestellt werden kann, wie er in der offengelegten JA-PS 61-2 59 202 beschrieben ist.

Bei diesem bekannten Verfahren fließen ein flüssiges Polymer zur Ausbildung des Kerns und ein flüssiges Polymer zur Ausbildung der Umhüllung von konzentrisch angeordneten Düsen zur Ausbildung einer Innen-schicht und einer Außenschicht nach unten, wobei diese Polymere gleichzeitig durch Bestrahlung, ultraviolette 20 Bestrahlung oder durch Erwärmen ausgehärtet werden. Man erhält auf diese Weise eine längliche optische, elastomere Faser, wobei zumindest deren Kern gummiartige, elastische Eigenschaften aufweist.

Entsprechend dem bekannten Verfahren werden das flüssige Polymer für den Kern und das flüssige Polymer für die Umhüllung zusammen aus der konzentrischen Düse extrudiert, so daß diese Polymere während des Nachuntenfließens sich miteinander mischen, wodurch keine saubere Grenzfläche zwischen dem Kern und der Umhüllung ausgebildet wird und weiter eine genaue Kontrolle des Enddurchmessers praktisch unmöglich ist. Weiter werden die Fließgeschwindigkeiten beider flüssigen Polymere unter dem Einfluß der auf die Polymere einwirkenden Schwerkraft größer, so daß ein gleichzeitiges schnelles Aushärten dieser Polymere bei einer hohen Temperatur notwendig ist, wobei allerdings im Kern und der Umhüllung eine Wärmeabnahme und dadurch ebenfalls ein ungleichförmiges Aushärten des Kerns aufgrund der großen Temperaturdifferenz zwischen dem inneren und dem äußeren Abschnitt in radia- 40 ler Richtung stattfindet, so daß man keine optische Faser mit ausgezeichneter Transparenz erhält.

Wenn die Viskositäten der beiden zusammen extrudierten Polymere zunehmen, ergibt sich eine Ungleichförmigkeit in Umfangsrichtung aufgrund der Oberflächenrauhigkeit der Düse als auch eine Ungleichförmigkeit in Längsrichtung aufgrund der Änderung der Extrusionsgeschwindigkeit in den Grenzflächen zwischen beiden Polymeren. Eine derartige Ungleichförmigkeit führt 50 zum Auftreten zu einer Strahlungswelle des im Inneren des Kerns zum Inneren der Hülle übertragenden Strahls und zu einer Umwandlung, so daß das Haftphänomen zwischen beiden Zuständen infolge von Streuverlusten und der Zustandsumwandlung bewirkt wird, wodurch 55 der optische Übertragungsverlust zunimmt.

Mit der Erfindung wird weiter in vorteilhafter Weise ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Wellenleiters geschaffen, bei dem ein Vermischen des Kernmaterials und des Umhüllungsmaterials verhindert wird 60 und der Enddurchmesser gesteuert wird, und wobei weiter eine Wärmeverschlechterung des Kerns und der Umhüllung vermieden und die Transparenz des Kerns verbessert werden, weiter die Grenzfläche zwischen dem Kernmaterial und dem Umhüllungsmaterial optisch ausreichend ist und die Grenzfläche zwischen dem Beschichtungsmaterial um das Kernmaterial und dem Umhüllungsmaterial ausreichend genau ist, um das Auftreten von Strahlungswellen zur Umhüllung, eine Zu-

standsänderung und ähnliches auszuschließen, wodurch die optischen Übertragungseigenschaften verbessert werden.

Mit der Erfindung wird weiter ein Verfahren zur Herstellung eines flexiblen optischen Wellenleiters geschaffen, bei dem ein hochviskoses, transparentes Kernmaterial durch eine Düse extrudiert wird, ein niedrigviskoses, transparentes, flüssiges Beschichtungsmaterial auf das transparente Kernmaterial durch ein geeignetes Verfahren, wie z. B. Tauchen, Sprühen, Bürsten oder ähnlichem, vor oder nach dem Aushärten des Kernmaterials aufgebracht wird, das transparente Kernmaterial und das transparente Beschichtungsmaterial oder nur das transparente Beschichtungsmaterial durch Erwärmen ausgehärtet wird, und bei dem man ein flüssiges Umhüllungsmaterial auf den Umfang des transparenten Beschichtungsmaterials durch ein gleiches Verfahren, wie oben erwähnt, aufbringt, und man dann das Umhüllungsmaterial durch Bestrahlen mit ultravioletten Strahlen, Bestrahlen oder einen Elektronenstrahl oder durch Erwärmen aushärtet.

Gemäß dem erfundungsgemäßen Verfahren wird nur das Kernmaterial aus der Düse extrudiert, erwärmt und ausgehärtet, bevor das Umhüllungsmaterial aufgebracht wird, so daß sich das Kernmaterial nicht mit dem Umhüllungsmaterial vermischt. Da das Kernmaterial weiter eine hohe Viskosität aufweist und sehr früh ausgehärtet wird, ist die Steuerung des Kerndurchmessers leicht durchführbar. Da weiter das hochviskose Kernmaterial sich nicht wesentlich unter dem Einfluß seines Gewichtes lenkt, kann das Aushärten des Kernmaterials langsam bei einer relativ niedrigen Temperatur durchgeführt werden, wodurch eine Wärmeverschlechterung des Kerns verhindert wird und weiter ein homogenes Aushärten in radialer Richtung insgesamt durchgeführt werden kann. Eine derartige Niedrigtemperaturaushärtung kann ebenfalls beim Umhüllungsmaterial durchgeführt werden, wodurch ebenfalls eine Wärmeverschlechterung des Umhüllungsmaterials verhindert wird.

Weiter wird das niedrigviskose, transparente Beschichtungsmaterial auf den Umfang des hochviskosen, transparenten Kernmaterials nach dem Extrudieren des Kernmaterials aus der Düse aufgebracht, wodurch eine Ungleichförmigkeit in Umgangs- und in Längsrichtung auf dem Umfang des Kernmaterials verhindert wird und das Kernmaterial vollständig mit dem transparenten Beschichtungsmaterial überdeckt wird. Weiter wird das Kernmaterial unmittelbar nach dem Aufbringen des transparenten Beschichtungsmaterials alleine oder zusammen mit dem Beschichtungsmaterial ausgehärtet, wodurch das Herunterfließen oder Herablaufen des niedrigviskosen, transparenten Beschichtungsmaterials verhindert wird, so daß man eine glatte äußere Umfangsfläche und gleichzeitig eine starke Adhäsion am Kernmaterial erhält.

Bei dem erfundungsgemäßen Verfahren werden Ungleichförmigkeiten auf der Umfangsfläche des Kernmaterials vollständig durch das transparente Beschichtungsmaterial abgedeckt, wobei das Beschichtungsmaterial den gleichen Brechungsindex wie das Kernmaterial aufweist, und gleichzeitig haftet die Oberfläche des Beschichtungsmaterials an dem Umhüllungsmaterial, wodurch man eine optisch glatte Fläche erhält.

Das Umhüllungsmaterial wird auf die Umfangsfläche des transparenten Beschichtungsmaterials aufgebracht und haftet an ihr, so daß Ungleichförmigkeiten beim Umhüllungsmaterial, insbesondere an der inneren Um-

fangsfläche, mit Sicherheit verhindert werden und man weiter zwischen dem Umhüllungsmaterial und dem Beschichtungsmaterial eine glatte Grenzfläche entsprechend dem Glättegrad des transparenten Beschichtungsmaterials erhält.

Bei dem mit diesem Verfahren erzeugten flexiblen optischen Wellenleiter ist die Grenzfläche zwischen dem transparenten Beschichtungsmaterial und dem Umhüllungsmaterial ausreichend klar und glatt, so daß die Strahlung des Strahls, der Umwandlungszustand und ähnliches an dieser Grenzfläche wirksam verhindert werden, wodurch die optischen Übertragungseigenschaften verbessert werden.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers;

Fig. 2 eine schematische teilweise geschnittene Ansicht einer weiteren Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers;

Fig. 3a bis 3c Schnittansichten des druckempfindlichen Fühlers längs der Linie III-III in Fig. 2 in verschiedenen Zuständen;

Fig. 4 ein Schaltbild des Erfassungsgerätes;

Fig. 5 und 6 Längsschnitte einer dritten und vierten Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers;

Fig. 7a und 7b eine perspektivische Ansicht und eine Schnittansicht einer Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers bei der Verwendung in einem Mattenschalter;

Fig. 8 ein Diagramm zur Darstellung der Beziehung zwischen der Belastung und der optischen Signalspannung in dem Mattenschalter gemäß Fig. 7;

Fig. 9a und 9b eine perspektivische Ansicht bzw. eine Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform des Mattenschalters;

Fig. 10 und 11 Schnittansichten von Ausführungsformen des druckempfindlichen Fühlers bei der Verwendung an einer Stoßstange;

Fig. 12 eine Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers;

Fig. 13 eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zur Herstellung des flexiblen optischen Wellenleiters;

Fig. 14 eine schematische Ansicht einer weiteren Vorrichtung zur Herstellung des flexiblen optischen Wellenleiters;

Fig. 15a bis 15c teilweise vergrößerte Schnittansichten eines Hauptteils der in Fig. 14 dargestellten Vorrichtung in verschiedenen Zuständen; und

Fig. 16 eine schematische Ansicht einer weiteren Vorrichtung zur Herstellung des optischen Wellenleiters.

In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers dargestellt, der einen optischen Wellenleiter 1 und eine lichtaussendende Einrichtung 2 und eine lichtempfangende Einrichtung 3 umfaßt, die optisch mit den beiden Enden des optischen Wellenleiters 1 verbunden sind.

Der optische Wellenleiter 1 besteht aus einem festen Kern 4 aus einem gummiartigen, elastischen Material mit hoher Lichtpermeabilität und einem hohen Brechungsindex, und einer Umhüllung 5 aus einem gummiartigen, elastischen Material mit einem Brechungsindex, der niedriger als der des Kerns 4 ist, und die den Umfang des Kerns 4 umhüllt. Der Kern 4 besteht insbesondere aus einem synthetischen Gummi, das aus der Gruppe, bestehend aus Chloroprenum, Urethangummi, Silikonum, Fluoringummi, Acrylgummi, Ethylenpropyl-

engummi, Ethylenpropylendienterpolymergummi und Epichlorohydringummi, ausgewählt wird, während die Umhüllung 5 aus natürlichem Gummi oder synthetischem Gummi, das aus der Gruppe, bestehend aus Chloropregnium, Butadiengummi, Isopregnium, Urethangummi, Silikongummi, Fluoringummi, Acrylgummi, Ethylenpropylengummi, Ethylenpropylendienterpolymergummi und Epichlorohydringummi, ausgewählt wird.

Vor zugswise besteht das Kernmaterial aus Silikon-gummi, d. h. Polyorganosiloxan mit einer Phenylgruppe, einer Alkylgruppe, wie z. B. einer Ethylgruppe, einer Propylgruppe, einer Butylgruppe, einer Amylgruppe, einer Hexylgruppe, einer Octylgruppe oder einer Decylgruppe, einer Phenethylgruppe, einer Naphthylgruppe, einer Naphthalenethylengruppe oder ähnlichem in seiner Seitenkette. Als Umhüllungsmaterial wird vorzugsweise Polydimethylsiloxan, polyorganosiloxanenthal-tendes Fluorin, wie z. B. Polymethyltrifluoropropylsiloxan, Polymethyltetrahydroperfluoroctylsiloxan oder ähnliches oder Polyorganosiloxan mit einem geringen Gehalt an Phenylgruppen oder Alkylgruppen, wie z. B. Ethylgruppen oder ähnlichem, verwendet.

Insbesondere wird Methylphenylpolysiloxan oder Dimethylphenylpolysiloxan verwendet, das einen Phenylgruppengehalt von 5–40%, vorzugsweise 5–30%, und noch bevorzugter 8–25%, und einen Brechungsindex von 1,42–1,54, bevorzugt 1,425–1,52, und noch bevorzugter 1,44–1,5 als Kernmaterial verwendet, und Dimethylpolysiloxan mit einem Brechungsindex von 1,40 als Umhüllungsmaterial verwendet, da dies leicht erhältlich und billig ist.

Wenn der Aushärtmechanismus des Kernmaterials ein Additionsreaktionstyp ist, wird der Betrag eines Aushärtkatalysators gering, und es entsteht kein Reaktionsnebenprodukt, so daß man eine ausgezeichnete Lichtpermeabilität erhalten kann.

Wenn ein Additionsreaktionstyp Silikongummi als Kernmaterial verwendet wird und ein Silikongummi als Umhüllungsmaterial verwendet wird, wird angestrebt, daß der Betrag des Platin als Aushärtkatalysator für das Silikongummi des Kerns  $0,005 \times 10^{-4}$ – $0,1 \times 10^{-4}$  Gewichtsteile, und bevorzugter  $0,01 \times 10^{-4}$ – $0,05 \times 10^{-4}$  Gewichtsteile, auf der Grundlage von 100 Gewichtsteilen Basispolymer für das Silikon-gummi beträgt. Die Abnahme der Kerntransparenz im Laufe der Zeit und bei hoher Temperatur wird damit wirksam verhindert, wodurch man eine ausgezeichnete Transparenz über eine lange Zeittdauer erhalten kann.

Wenn der Kern 4 und die Umhüllung 5 aus Silikon-gummi bestehen, kann die Haftung zwischen beiden Materialien wirksam verbessert werden, und die optischen und mechanischen Eigenschaften des optischen Wellenleiters 1 können über einen Temperaturbereich von etwa –50°C bis etwa 200°C stabilisiert werden.

Der in Fig. 1b dargestellte Wellenleiter 1 weist einen kreisförmigen Querschnitt auf, er kann jedoch ebenfalls viereckig, wie z. B. dreieckig, rechteckig oder ähnlich, oder nicht kreisförmig gekrümmt, wie z. B. ellipsenför-mig oder ähnlich, ausgebildet sein. Der Kern 4 kann weiter aus einem Bündel von mehreren linearen Körnern statt aus einem einzigen festen Körper bestehen.

Bei dem optischen Wellenleiter 1 der dargestellten Ausführungsform wird das vom Kern 4 in die Umhül-lung 5 aufgrund einer plastischen Verformung, wie z. B. Verbiegen, Drücken oder ähnlichem, eintretende Licht wirksam absorbiert, so daß ein Zurückstrahlen zum Kern 4 verhindert wird, wobei es von Vorteil ist, daß der

Außenumfang der Umhüllung 5 mit einer lichtabsorbierenden Schicht bedeckt ist, die aus einem lichtabsorbierenden Material, wie z. B. schwarzer Kohle, einem schwarzen Pigment, einem organischen oder anorgani-schen Farbstoff, und einem Naturgummi oder einem synthetischen Gummi, wie z. B. Silikongummi, Fluoringummi, Butylgummi oder ähnlichem, besteht, oder daß das lichtabsorbierende Material im Umhüllungsmaterial selbst dispergiert und mit ihm vermischt ist.

- 10 Um weiter die Wasserbeständigkeit, die Ölbeständig-keit, die Wetterbeständigkeit, die mechanische Festigkeit und ähnliches des optischen Wellenleiters 1 zu verbessern, dient die lichtabsorbierende Schicht vorzugsweise zur luftdichten Abdeckung des Leiters oder des Leiters und der Schicht, wobei die Schicht aus Natur-gummi oder synthetischem Gummi, wie z. B. Butylgummi, Butadiengummi, Urethangummi oder ähnlichem, oder aus einem Kunststoff, wie z. B. einem Vinylchloridharz oder ähnlichem, besteht.
- 15 Ein Ende des optischen Wellenleiters 1 ist mit der lichtaussendenden Einrichtung 2 über eine optische Verbindung oder ähnlichem mittels Adhäsion verbun-den. Die lichtaussendende Einrichtung 2 kann eine Leuchtdiode, eine Glühlampe, ein Halbleiterlaser oder ähnliches sein, wobei die Verwendung des Halbleiterlasers bevorzugt wird.
- 20 Mit dem anderen Ende des optischen Wellenleiters 1 ist die lichtempfangende Einrichtung 3 verbunden, die vorzugsweise aus einer Fotodiode, einem Phototransistor oder ähnlichem besteht.
- 25 Bei dem druckempfindlichen Fühler mit dem oben beschriebenen Aufbau wird, wenn durch eine von außen einwirkende Kraft eine Biegeverformung, eine Druck-verformung oder eine andere Verformung des optischen Wellenleiters 1 bewirkt wird, die von der lichtaus-sendenden Einrichtung 2 durch den optischen Wellenleiter 1 zur lichtempfangenden Einrichtung 3 übertragene Lichtmenge stark entsprechend der Größe der von außen einwirkenden Kraft auf der Grundlage des optisch elastischen Effekts vermindert, da der optische Wellenleiter 1 einer ausreichend großen elastischen Verfor-mung entsprechend der Größe der von außen einwirkenden Kraft unterworfen werden kann, wodurch das Vorhandensein der von außen auf den optischen Wel-lenleiter 1 einwirkenden Kraft und deren Größe mit einer hohen Empfindlichkeit erfaßt werden kann.

- 30 Das an der lichtempfangenden Einrichtung 3 ankom-mende Licht kann in ein Lichtspannungssignal entspre-chend der Lichtmenge durch einen signalverarbeiten-den Schaltkreis, der sich in der lichtempfangenden Ein-richtung selbst befindet oder damit mittels eines Kabels verbunden ist, umgewandelt werden.
- 35 Andererseits kann der Antrieb der lichtaussendenden Einrichtung 2 durch eine Treiberschaltung durchgeführt werden, die sich in der lichtaussendenden Einrichtung 2 selbst befindet oder mit ihr über ein Kabel verbunden ist.
- 40 Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform des druck-empfindlichen Fühlers. Dieser druckempfindliche Füh-ler umfaßt einen optischen Wellenleiter 1, eine Grundplatte 6 zur Lagerung des optischen Wellenleiters 1, eine lichtaussendende Einrichtung 2 und eine lichtemp-fangende Einrichtung 3, die mit beiden Endflächen des optischen Leiters 1 verbunden sind, Kabel 9, 10, die mit einem Eingangsanschluß 7 der lichtaussendenden Ein-richtung 2 und einem Ausgangsanschluß 8 der lichtemp-fangenden Einrichtung 3 verbunden sind, eine Abdek-kung 11 zur Abdeckung des optischen Wellenleiters 1
- 45

- 50
- 55
- 60
- 65

der lichtaussendenden Einrichtung 2 und der lichtempfangenden Einrichtung 3, ein Paar Dichtungen 12 zur Abdeckung der verbundenen Abschnitte zwischen dem Eingangsanschluß 7 und dem Kabel 9 und zwischen dem Ausgangsanschluß 8 und dem Kabel 10, und Dichtungsöffnungen zwischen der Grundplatte 6 und der Abdeckung 11, und eine Erfassungseinrichtung 13, die mit den Kabeln 9 und 10 verbunden ist.

Die Grundplatte 6 kann aus den verschiedensten Materialien entsprechend dem Verwendungszweck bestehen, wobei die Materialien fest oder flexibel sein können, wie z. B. Spritzguß aus Metall, Spritzguß aus Kunststoff und Spritzguß aus Gummi. Wie man aus Fig. 3a sieht, die eine vergrößerte Schnittansicht längs der Linie III-III in Fig. 2 darstellt, ist der optische Wellenleiter 1 ausreichend und stabil in einer Nut 6a gelagert, die im mittleren Teil der Grundplatte 6 in Querrichtung ausgebildet ist, wobei der optische Wellenleiter 1 in der Nut 6a angeklebt oder in sie eingepaßt ist.

Die Abdeckung 11 als Schutz für den optischen Wellenleiter 1 besteht aus Gummi oder einem Kunststoff, der wasserbeständig, Ölbeständig und wetterbeständig ist. Wie man in Fig. 3a sieht, kann die Abdeckung 11 so geformt sein, daß die Innenfläche der Abdeckung von der Umfangsfläche des optischen Wellenleiters 1 entfernt ist, insbesondere im Bereich der oberen Hälfte, und zwar mit einem ungefähr gleichbleibenden Abstand. Weiter kann ein Vorsprung 11a oder eine Leiste mit einem gekrümmten Querschnitt auf der Innenfläche der Abdeckung 11 an einer Stelle vorgesehen sein, die der Oberseite des Wellenleiters 1 entspricht, wie dies in Fig. 3b dargestellt ist, oder es können mehrere Vorsprünge 11a oder mehrere Leisten auf der Innenfläche der Abdeckung 11 in Umfangsrichtung vorgesehen sein, wie dies in Fig. 3c dargestellt ist. Bei den Ausführungsformen gemäß Fig. 3b und 3c wird der optische Wellenleiter 1 einfach und ausreichend durch die Wirkung des Vorsprungs 11a oder der Leiste verformt, wenn auf die Abdeckung 11 eine Kraft von außen aufgebracht wird, so daß, auch wenn die von außen aufgebrachte Kraft gering ist, sie mit einer hohen Empfindlichkeit festgestellt werden kann. Sei der Ausführungsform gemäß Fig. 3c wird eine von außen aufgebrachte Kraft immer mit hoher Empfindlichkeit erfaßt unabhängig von der Richtung der Kraft.

Das Querschnittsprofil des Vorsprungs 11a oder der Leiste kann ebenfalls quadratisch sein. In diesem Fall erhält man ebenfalls die oben beschriebene Wirkung.

In Fig. 4 ist eine Ausführungsform des elektrischen Schaltkreises der Erfassungseinrichtung 13 dargestellt, der eine Treiberschaltung 14 für die lichtaussendende Einrichtung 2, z. B. eine Leuchtdiode, und einen Signalverarbeitungsschaltkreis 15 für die lichtempfangende Einrichtung 3, z. B. einen Fototransistor, umfaßt.

Die Treiberschaltung 14 dient zum Einschalten der lichtaussendenden Einrichtung 2 durch Steuern einer Spannung  $V_{ac}$ , die von einer Gleichstromquelle über einen Widerstand 16 zugeführt wird. Der Signalverarbeitungsschaltkreis 15, der mit der lichtempfangenden Einrichtung 3 über ein Kabel 10 verbunden ist, dient zur Erzeugung eines Ausgangssignals, nur wenn eine optische Signalspannung  $V_s$  unter einer Bezugsspannung  $V_{ref}$  entsprechend der Abnahme der von der lichtempfangenden Einrichtung 3 empfangenen Lichtmenge absinkt, indem ein an der lichtempfangenden Einrichtung 3 erzeugter optischer Strom durch einen Transistor 17 und einen Betriebsverstärker 18 zur Erzeugung der optischen Signalspannung  $V_s$  verstärkt wird und die opti-

sche Signalspannung  $V_s$  mit der von einem veränderbaren Widerstand 20 in einem Vergleicher 19 zugeführten Bezugsspannung  $V_{ref}$  verglichen wird.

Wenn beispielsweise der druckempfindliche Fühler 5 mit dem oben beschriebenen Aufbau an einem Fensterrahmen eines Fahrzeugfensters, das einen motorgetriebenen Fensterheber aufweist, angebracht ist, wird, wenn auf den druckempfindlichen Fühler keine Kraft von außen aufgebracht wird, das von der lichtaussendenden Einrichtung 2 ausgesendete Licht durch den optischen Wellenleiter 1 zur lichtempfangenden Einrichtung 3 übertragen, ohne daß die Lichtmenge vermindert wird, so daß die optische Signalspannung  $V_s$  größer als die Bezugsspannung  $V_{ref}$  wird und der Vergleicher 19 kein Ausgangssignal erzeugt.

Beim Schließen der Fensterscheibe wird, wenn die Gefahr besteht, daß ein Teil des Körpers eines Passagiers sich zwischen dem Fensterrahmen und der Fensterscheibe befindet, durch diesen Teil auf den druckempfindlichen Fühler von außen eine Kraft aufgebracht, wodurch eine Verbiegung des optischen Wellenleiters 1 stattfindet, so daß die zur lichtempfangenden Einrichtung 3 übertragene Lichtmenge abnimmt, wodurch die optische Signalspannung  $V_s$  niedriger als die Bezugsspannung  $V_{ref}$  wird und entsprechend von dem Vergleicher 19 ein Signal ausgegeben wird. Somit wird das Anhalten oder das Herunterbewegen der Fensterscheibe auf der Grundlage des Ausgangssignals durchgeführt, wodurch die Sicherheit des Passagiers ausreichend sichergestellt ist.

Der druckempfindliche Fühler kann weiter an der Innенwand des Fahrgastrumes eines Busses, in der Umgebung eines Roboters oder anderen bewegbaren Einrichtungen, einem Zaun oder ähnlichem angebracht werden, wodurch eine Anzeige beim Ausstieg aus dem Bus, beim Anhalten des Roboters, bei einem automatischen Trägerwagen oder ähnlichem die Erfassung eines Eindringlings usw. verwirklicht, wobei nur eine geringe Kraft von außen einwirken muß. Da der optische Wellenleiter 1 aus einem gummiartigen, elastischen Material besteht, kann der Fühler immer auf normale Weise bedient werden, auch wenn der druckempfindliche Fühler in Fabriken oder anderen Umgebungen verwendet wird, ohne daß er einem Einfluß von elektromagnetischen Wellen unterliegt, wobei er weiter in einem brennbaren, organischen Lösungsmittel, in Öl, in einer Gasatmosphäre oder ähnlichem verwendet werden kann, ohne daß die Gefahr einer Zündung, einer Explosion oder ähnlichem besteht. In jedem Fall entwickelt der druckempfindliche Fühler immer eine ausgezeichnete Leistung für die Erfassung einer von außen in allen Richtungen aufgebrachten Kraft.

Obwohl der druckempfindliche Fühler der dargestellten Ausführungsform ein Ein-Aussignal entsprechend dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der von außen aufgebrachten Kraft erzeugt, kann er weiter die Größe der von außen auf den druckempfindlichen Führer einwirkenden Kraft quantitativ anzeigen oder anzeigen. Bei der dargestellten Ausführungsform sind weiter die lichtaussendende Einrichtung 2 und die lichtempfangende Einrichtung 3 in der Erfassungseinrichtung 13 beinhaltet. Die lichtaussendende Einrichtung 2 und die lichtempfangende Einrichtung 3 können jedoch ebenfalls indirekt mit dem optischen Wellenleiter 1 über eine optische Kunststofffaser, eine optische Quarzfaser oder ähnliches verbunden sein.

Fig. 5 zeigt eine dritte Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers. Dieser Fühler umfaßt einen opti-

schen Wellenleiter 1, einen Reflektor 21, der mit einem Ende des optischen Wellenleiters 1 verbunden ist, und eine lichtaussendende Einrichtung 2 und eine lichtempfangende Einrichtung 3, die mit dem anderen Ende des optischen Wellenleiters 1 über feine optische Fasern 22 und 23 verbunden sind.

Bei dieser Ausführungsform besteht der optische Wellenleiter 1 aus einem Kern 4 aus einem gummiartigen, elastomerem Material, das eine hohe Lichtdurchlässigkeit und einen hohen Brechungsindex aufweist und in einer Umhüllung 5 aus einem gummiartigen, elastomerem Material angeordnet ist, das einen kleineren Brechungsindex als der Kern 4, ähnlich wie im Fall von Fig. 1, aufweist. Der Kern 4 und die Umhüllung 5 bestehen aus dem gleichen Material wie oben beschrieben.

Das Querschnittsprofil des optischen Wellenleiters in einer Ebene senkrecht zur axialen Linie kann in geeigneter Weise kreisförmig, quadratisch, ellipsoid oder anders sein. Der Kern 4 kann weiter aus einem Bündel von mehreren linearen Körpern bestehen.

Als Reflektor 21 kann ein Blech aus Aluminium, Gold, Silber usw. dienen, wobei diese Bleche einer Bedämpfung, einer Beschichtung, einer Ionenbeschichtung und ähnlichem unterworfen werden können, um wirkungsvoll das von dem optischen Wellenleiter 1 übertragene Licht in Richtung der optischen Faser 23 und somit zur lichtempfangenden Einrichtung 3 zu reflektieren. Um den Reflexionsgrad durch Vermindern des Streuverlustes an der Verbindungsfläche zwischen dem optischen Wellenleiter 1, insbesondere des Kerns 4 und dem Reflektor 21 zu verbessern, wird bevorzugt, daß die Endfläche von mindestens dem Kern 4 mit einem transparenten Material beschichtet ist, das einen Brechungsindex aufweist, der ungefähr gleich dem des Kerns ist, damit die Endfläche des optischen Wellenleiters 1 optisch eben ist. In diesem Fall wird flüssiges, synthetisches Gummi, wie z.B. flüssiges Silikongummi, flüssiges Urethangummi usw., oder ein Kunststoff, wie z.B. Epoxyharz usw., als transparentes Beschichtungsmaterial verwendet.

Nachdem der Reflektor 21 mit einem Ende des optischen Wellenleiters 1 verbunden ist, wird der Verbindungsabschnitt dazwischen und der Reflektor 21 mit einem Beschichtungsmaterial abgedeckt, das wasserbeständig, ölbeständig und wetterbeständig ist, wie z.B. Naturgummi, synthetisches Gummi, wie z.B. Urethangummi, Butadiengummi usw., oder Kunststoff, wie z.B. Polyethylen, Nylon, Vinylchloridharz usw.

Als lichtaussendende Einrichtung 2 kann eine Leuchtdiode, eine Laserdiode, eine Halogenlampe, eine Xenonlampe und ähnliches verwendet werden. Als lichtempfangende Einrichtung 3 kann ein Fototransistor, eine Fotodiode, eine fotoelektrische Röhre, ein Fotovervielfacher und ähnliches verwendet werden. Als optische Fasern 22, 23 zum Verbinden der lichtaussendenden Einrichtung und der lichtempfangenden Einrichtung 2, 3 mit dem optischen Wellenleiter 1 kann eine optische Faser aus Quarz, eine optische Faser aus einem Mehrkomponentenglas, eine optische Faser aus Kunststoff, ein optischer Wellenleiter aus Gummi usw. verwendet werden, die jeweils einen kleineren Durchmesser haben. Insbesondere bei der Verwendung einer optischen Faser, die eine kleine numerische Öffnung hat, kann die Streukomponente des direkt von der optischen Faser 22 zur optischen Faser 23 übertragenen einfallenden Lichts wirksam vermindert werden.

Wie in Fig. 5 dargestellt, wird die optische Verbindung der optischen Fasern 22, 23 durch direktes Einset-

zen dieser Fasern in den Kern 4 durchgeführt oder kann durch direktes Verbinden der Endflächen dieser Fasern 22, 23 mit der Endfläche des optischen Wellenleiters 1 durch Kleben oder ähnliches oder durch mechanisches Verbinden eines an den Endabschnitten dieser Fasern 22, 23 befestigten Verbindungsteils mit einem an der Endfläche des optischen Wellenleiters 1 befestigten Verbindungsteil durchgeführt werden. Im ersten Fall wird bevorzugt, daß der Verbindungsabschnitt mit einem transparenten Material, wie z.B. Epoxyharz, Silikongummi oder ähnlichem, abgedeckt ist, um die Verbindungsfestigkeit zu erhöhen, wobei der Außenumfang des Verbindungsabschnittes durch einen Schutz aus Metall, Kunststoff oder ähnlichem geschützt ist. Im letzten Fall ist es nicht erforderlich, die Endflächen der optischen Fasern 22, 23 mit der Endfläche des optischen Wellenleiters 1 in Berührung zu bringen, so daß ein Raum zwischen der optischen Faser und dem optischen Wellenleiter durch geeignete Auslegung der numerischen Öffnung, des Durchmessers, der Größe und der Anordnung der optischen Fasern 22, 23 vorgesehen werden kann. In diesem Fall kann Silikonöl, eine Silikonverbindung, Silikongummi oder ähnlichem in den Raum gegossen werden, um die optische Anpassung dazwischen zu verbessern.

Bei dieser Ausführungsform können die lichtaussendende Einrichtung 2 und die lichtempfangende Einrichtung 3 direkt mit dem optischen Wellenleiter 1 verbunden werden, ohne daß optische Fasern 22, 23 verwendet werden, oder das einfallende Licht kann von dem reflektierten Licht mittels eines Strahlteilers getrennt werden. Weiter ist es von Vorteil, daß der Außenumfang der Umhüllung 5 beispielsweise mit einem Naturgummi oder einem synthetischen Gummi, wie z.B. Butadiengummi, Silikongummi, Fluoringummi, Urethangummi oder ähnlichem, abgedeckt ist, wobei in diesen Stoffen schwarze Kohle, ein Pigment, ein organischer oder ein anorganischer Farbstoff dispergiert und damit vermischt ist. Ebenfalls ist es möglich, daß schwarze Kohle, ein Pigment oder ein Farbstoff im Umhüllungsmaterial 5 selbst dispergiert und damit vermischt ist, um wirkungsvoll Licht zu absorbieren, das vom Kern 4 in die Umhüllung 5 während des Verbiegens, des Zusammendrückens des optischen Wellenleiters 1 eintritt, um wirksam zu verhindern, daß das Licht zum Kern 4 zurückgeleitet wird.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 5 deckt eine äußere Beschichtung 24 eine Zone des äußeren Umfangs des optischen Wellenleiters 1 bis zum Reflektor 21 luftdicht ab, die aus Naturgummi, einem synthetischen Gummi, wie z.B. Butylgummi, Butadiengummi, Urethangummi, Fluoringummi und ähnlichem, oder einem relativ flexiblen Kunststoff, wie z.B. Vinylchloridharz, Polyethylen, Nylon oder ähnlichem, bestehen kann. Die äußere Beschichtung 24 dient zur verbesserten Wasserbeständigkeit, Wetterbeständigkeit und zur Verbesserung der mechanischen Festigkeit des optischen Wellenleiters 1 und dient weiter dazu, wirksam störendes Licht fernzuhalten. Weiter kann die äußere Beschichtung 24 je nach Gebrauchsziel des druckempfindlichen Fühlers weggelassen werden.

Bei dem druckempfindlichen Fühler mit dem oben beschriebenen Aufbau wird das von der lichtaussendenden Einrichtung 2 ausgesendete Licht, das von einem Ende des optischen Wellenleiters 1 zu seinem anderen Ende strahlt, durch den Reflektor 21 reflektiert und trifft durch den optischen Wellenleiter 1 auf die lichtempfangende Einrichtung 3.

Wenn keine Kraft von außen auf den druckempfindlichen Fühler einwirkt, wird das von der lichtaussendenden Einrichtung 2 ausgesendete Licht durch den Reflektor 21 mit einem äußerst geringen Verlust reflektiert, so daß das reflektierte Licht zu der lichtempfangenden Einrichtung 3 mit etwa der gleichen Lichtmenge zurückkehrt. Wenn andererseits der optische Wellenleiter 1 lokal einem Druck oder einer Biegeverformung in Richtung quer zu seiner Achse durch eine von außen direkt oder indirekt auf den optischen Wellenleiter 1 einwirkende Kraft verformt wird, wird ein Teil des von der lichtaussendenden Einrichtung 2 ausgesendeten Lichts, das im Inneren des optischen Wellenleiters 1 übertragen wird, in die Umhüllung 5 an dem verformten Abschnitt geleitet und tritt nach außen aus, wodurch die an der lichtempfangenden Einrichtung 3 ankommende Lichtmenge entsprechend vermindert wird.

Der elastisch verformte Abschnitt des optischen Wellenleiters 1 bewirkt nicht nur, daß das Licht nach außen geleitet wird, sondern erzeugt weiter eine Streuung des Lichts in allen Richtungen im Inneren des optischen Wellenleiters. In diesem Fall ist jedoch das an der lichtempfangenden Einrichtung 3 ankommende Streulicht nur ein geringer Betrag, so daß der druckempfindliche Fühler immer einen stabilen Betrieb sicherstellt.

Bei diesem druckempfindlichen Fühler kann daher die Größe der von außen einwirkenden Kraft mengenmäßig durch Erfassung eines Spannungssignals im Verhältnis zu der von der lichtempfangenden Einrichtung empfangenen Lichtmenge erfaßt werden, wobei dieses Spannungssignal im Vergleich zum Schwellenwert binarisiert wird, um einen Schaltbetrieb bei einer von außen aufgebrachten Kraft, die größer als dieser Wert ist, zu bewirken.

Weiter verhindert der druckempfindliche Fühler nicht nur ausreichend einen Bruch oder eine plastische Verformung und ähnliches des optischen Wellenleiters 1, sondern ebenfalls ein Lösen der lichtaussendenden und lichtempfangenden Einrichtung vom optischen Wellenleiter. Da die lichtaussendende und lichtempfängende Einrichtung 2, 3 nebeneinander an einem Endabschnitt des optischen Wellenleiters 1 angeordnet werden können, können sie mit einem einzigen Antrieb betrieben werden, ohne daß man ein längeres Kabel oder eine optische Faser benötigt, so daß der Aufbau des druckempfindlichen Fühlers vereinfacht und ausreichend kompakt sein kann.

Fig. 6 zeigt eine Schnittansicht einer geänderten Ausführungsform der Ausführungsform von Fig. 5. In diesem Fall ist der druckempfindliche Fühler durch Anbringung einer Linse 25 aus einem anorganischen Glas, einem plastischen, transparenten Gummi oder ähnlichem an einem Ende des optischen Wellenleiters 1, das der Endfläche der lichtaussendenden und lichtempfangenden Einrichtung 2, 3 gegenüberliegt, ausgebildet, wobei der Reflektor 21 an einer von der Linse 25 beabstandeten Position angeordnet ist und die Zone von dem Endabschnitt der äußeren Beschichtung 24 zum Reflektor 21 mit einer Schutzkappe 26 aus Metall, Kunststoff oder ähnlichem abgedeckt ist.

Weiter kann ein transparentes Füllmaterial in den Raum zwischen der Linse 25 und dem Reflektor 21 eingebracht werden.

Der Reflektor 21 kann ebenfalls mit der Linse 25 in Berührung stehen. Statt der Linse 25 kann eine Gradientenstangenlinse als lichtsammelndes optisches Element verwendet werden.

Fig. 7a und Fig. 7b zeigen eine weitere Ausführungs-

form des erfundungsgemäßen druckempfindlichen Führers, wobei er als Mattenschalter ausgebildet ist. D. h., der optische Wellenleiter 1 liegt zickzackförmig auf einer unteren Matte 27 und ist auf sie aufgeklebt oder in ähnlicher Weise befestigt, wobei die lichtaussendende und lichtempfangende Einrichtung 2, 3 einerseits direkt mit den Enden des optischen Wellenleiters 1 verbunden ist, und die Erfassungseinrichtung 13 andererseits über Kabel 9, 10 verbunden ist. Weiter ist eine obere Matte 29 auf die untere Matte 27 über einen rahmenförmigen Distanzhalter 28, der am Umfang der unteren Matte 27 befestigt ist, angebracht.

Die untere Matte 27 kann aus irgendeinem festen oder flexiblen Material bestehen, wie z. B. aus einem Metall, aus Kunststoff, aus Gummi oder geschäumtem Kunststoff, je nach Verwendungszweck des druckempfindlichen Führers. Weiter kann der rahmenförmige Distanzhalter 28 auf die untere Matte 27 aufgeklebt oder in ähnlicher Weise befestigt sein, um den optischen Wellenleiter 1 zu umgeben, wobei der Distanzhalter aus dem gleichen Material wie die untere Matte 27 bestehen kann und vorzugsweise eine Dicke hat, die in etwa gleich oder etwas größer als die des optischen Wellenleiters 1 ist.

Die obere Matte 29 besteht vorzugsweise aus einem flexiblen Material, wie z. B. Gummi, flexilem Vinylchloridharz, einem thermoplastischen Gummi oder ähnlichem, und ist auf der Innenfläche, die dem optischen Wellenleiter 1 gegenüberliegt, uneben, wie dies in Fig. 7b dargestellt ist. Auch wenn weiter die Innenfläche der oberen Matte 29 nicht uneben ist, ist diese Matte in der Lage, eine von außen einwirkende Kraft in ausreichendem Maße auf den optischen Wellenleiter 1 auf der Grundlage der elastischen Verformung der Matte selbst zu übertragen.

Bei diesem Mattenschalter ist es notwendig, daß der optische Wellenleiter 1 auf der unteren Matte 27 aufliegt, so daß keine Strahlungsverluste des Lichts am gekrümmten Abschnitt des optischen Wellenleiters 1 in Verbindung mit der Größe des Leiters 1, dem Brechungsindex des Kerns und der Umhüllung und ähnlichem entstehen. Wenn beispielsweise der Kerndurchmesser 2 mm beträgt, betragen die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung 1,50 bzw. 1,40, wobei der Krümmungsradius des optischen Wellenleiters nicht kleiner als 20 mm sein soll.

Weiter kann eine flexible Folie aus einem flexiblen Schaum, einem flexiblen Gummi, einem geschäumten Gummi oder ähnlichem zwischen der unteren Matte 27 und dem optischen Wellenleiter 1 angeordnet sein, wodurch die Empfindlichkeit der Erfassung einer von außen einwirkenden Kraft durch den optischen Wellenleiter 1 in vorteilhafter Weise verbessert werden kann.

Fig. 8 zeigt eine Beziehung der Größe der von außen auf den Mattenschalter mit dem obigen Aufbau einwirkenden Kraft und der optischen Signalspannung, die von der Erfassungseinrichtung 13 pro Quadrat von 100 mm erfaßt wird, wobei man sieht, daß die optische Signalspannung proportional abnimmt, wenn die Belastung zunimmt, und schließlich gegen eine von außen einwirkende Kraft über einen bestimmten Wert asymptotisch verläuft bzw. gesättigt ist.

Wenn beispielsweise eine Bezugsspannung der optischen Signalspannung 3 V beträgt, kann die Erfassungseinrichtung 13 nur ein Erfassungssignal erzeugen, wenn die von außen einwirkende Kraft eine Größe von nicht weniger als 2 kg aufweist. Bei dem Mattenschalter kann die Erfassungsempfindlichkeit genau auf die Größe der

von außen einwirkenden Kraft innerhalb eines Bereiches von einigen hundert Gramm bis zu einigen Kilogramm eingestellt werden, indem man die Bezugsspannung innerhalb verschiedener Werte ändert.

Der Mattenschalter wird somit kaum von elektromagnetischen Wellen beeinflußt und arbeitet sicher und stabil im Wasser oder einer feuergefährlichen oder explosiven Atmosphäre, wobei die Empfindlichkeit eingestellt werden kann. Der Mattenschalter dient soweit nicht nur als ein Sicherungsschalter, um das Anhalten eines Antriebs, das Auftreten eines Alarms oder ähnliches bei dem Eindringen einer Person in eine Gefahrenzone zu bewirken, wobei er rings um den Antrieb für einen Roboter, eine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine, eine Presse oder ähnlichem angeordnet ist, sondern dient ebenfalls als Ein-Ausschalter für eine automatische Tür, als Schalter zur Bestätigung der Einnahme eines Sitzes in einem Automobil oder ähnlichem oder als Berührungsplatte für eine schwimmende Lagerung.

Obwohl bei der oben beschriebenen Ausführungsform davon ausgegangen wurde, daß eine von außen einwirkende Kraft größer oder kleiner als ein bestimmter Wert ist, um von der Erfassungseinrichtung 13 erfaßt zu werden, kann die Größe der einwirkenden Kraft mengenmäßig ebenfalls durch die Erfassungseinrichtung erfaßt werden, wobei der Mattenschalter als Fühler zur Erfassung des Gewichts eines Fahrzeugs oder ähnlichem, als Fühler zur Erfassung des gesamten Passagiergewichts in einem Aufzug oder ähnlichem verwendet werden kann.

Fig. 9a und 9b zeigen eine gegenüber der Ausführungsform von Fig. 7 geänderte Ausführungsform des Mattenschalters, wobei eine einteilige lichtaussendende und lichtempfangende Einrichtung 30 mit einem Ende des optischen Wellenleiters 1 verbunden ist, der zickzackförmig auf die Matte 27 gelegt ist, und wobei weiter die Erfassungseinrichtung 13 über Kabel 9, 10 verbunden ist, und eine Reflektorplatte 21 aus Aluminium am anderen Ende des optischen Wellenleiters 1 vorgesehen ist.

In diesem Fall kann der Kern 4 des optischen Wellenleiters 1 aus einem Phenylmethysilikongummi des Additionsreaktionstyps bestehen, das einen Gehalt der Phenylgruppe von 25% aufweist, während die Umhüllung 5 aus einem Dimethylsilikongummi bestehen kann. Weiter kann die untere Matte 27, der Distanzhalter 28 und die obere Matte 29 aus dem gleichen Material bestehen wie oben beschrieben.

Als einteilige lichtaussendende und empfangende Einrichtung 30 kann eine Einrichtung verwendet werden, die einen Aufbau hat, der dem eines optischen Fühlers vom Reflektionstyp ähnlich ist, der lichtaussendende und empfangende Elemente aufweist, und der als ein Streifencodierungsleser oder ähnlichem verwendet wird. Die lichtaussendende und empfangende Einrichtung 30 kann mit dem optischen Wellenleiter 1 über eine feine optische Faser verbunden sein.

Da der optische Wellenleiter in einem derartigen Mattenschalter im wesentlichen die gleiche Funktion wie der in den Fig. 5 und 6 dargestellte optische Wellenleiter 1 hat, wenn von außen eine Kraft auf den optischen Wellenleiter 1 über die obere Matte 29 einwirkt, wird die von der lichtaussendenden Einrichtung ins Innere des optischen Wellenleiters eingeleitete Lichtmenge, die zur lichtempfangenden Einrichtung über die Reflektorplatte 21 zurückgeführt wird, entsprechend der Größe der von außen einwirkenden Kraft vermindert,

so daß das Vorhandensein und die Größe der von außen einwirkenden Kraft durch Messen der Änderung der Lichtmenge erfaßt werden kann.

Der dargestellte Mattenschalter kann für die gleichen Gebiete verwendet werden wie oben erwähnt, und weist die gleiche Wirkung und Funktion auf, wie oben beschrieben. Verglichen mit der oben erwähnten Ausführungsform ist der Aufbau vereinfacht, so daß der gesamte druckempfindliche Fühler in ausreichender Weise miniaturisiert werden kann.

Fig. 10 zeigt eine Schnittansicht des druckempfindlichen Fühlers gemäß der Erfindung in Verbindung mit einer Stoßstange eines Automobils. In dieser Stoßstange ist ein Kissen 32 an der Vorderfläche einer Lagerung 31 aus Metall oder einem anderen festen Material angeklebt oder in ähnlicher Weise befestigt, wobei der optische Wellenleiter 1 längs der Umfangsfläche des Kissens 32 angeordnet ist. Die lichtaussendende Einrichtung 2 und die lichtempfangende Einrichtung 3 sind mit 20 beiden Enden des optischen Wellenleiters 1 verbunden und sind weiter mit der Erfassungseinrichtung (nicht dargestellt) über Kabel 9, 10 verbunden, wobei der optische Wellenleiter 1 und die lichtaussendende und empfangende Einrichtung 2, 3 mit einer Abdeckung 33 abgedeckt sind.

Für die Lagerung 31 kann ein Material, wie z. B. Metall, Kunststoff, Holz oder ähnlichem, verwendet werden. Als Kissen 32 kann ein geschäumtes Material, wie z. B. Urethanschaum und ähnlichem, Naturgummi und synthetisches Gummi, wie z. B. Silikongummi, Butadiengummi, Urethangummi und ähnlichem, verwendet werden.

Der an der Umfangsfläche des Kissens 32 insgesamt angebrachte optische Wellenleiter 1 kann mit einem Gummimaterial, einem Kunststoff oder ähnlichem abgedeckt sein, der eine ausgezeichnete Wasserbeständigkeit und Stoßwiderstandsfähigkeit aufweist. Der Verbindungsabschnitt zwischen der lichtaussendenden Einrichtung 2 (Leuchtdiode) oder der lichtempfangenden Einrichtung 3 (Fototransistor) und dem optischen Wellenleiter 1 ist vorzugsweise mit einem isolierenden, wasserbeständigen Material, wie z. B. Silikongummi, Epoxyharz oder ähnlichem, abgedeckt.

Die Abdeckung 33 besteht aus einem Material, wie z. B. Kunststoff, d. h. Vinylchloridharz usw., Naturgummi oder synthetischem Gummi.

Wenn ein derartiger Stoßdämpfer beispielsweise an einem automatisch geführten Fahrzeug oder einem Gabelstapler angebracht wird, wird der optische Wellenleiter 1, wenn der Stoßdämpfer mit einer Konstruktion oder einem anderen Arbeitsfahrzeug in Berührung kommt oder mit ihm kollidiert, einer Durchbiegung oder einer anderen Verformung an einer Stelle unterworfen, die der von außen einwirkenden Kraft ausgesetzt ist, wodurch die von der lichtaussendenden Einrichtung 2 an der lichtempfangenden Einrichtung 3 ankommende durch den optischen Wellenleiter 1 übertragene Lichtmenge vermindert wird, was wiederum von der Erfassungseinrichtung erfaßt wird. Dann wird entsprechend der empfangenen Lichtmenge von der Erfassungseinrichtung ein Ein-Aussignal ausgegeben, wodurch ein Anhalten oder ein Rückwärtsbewegen des automatisch geführten Fahrzeugs oder des Gabelstaplers durchgeführt wird, oder das Auftreten einer nicht normalen Situation einer Betriebsperson für den Gabelstapler oder ähnlichem durch einen Signalton oder eine Alarmlampe angezeigt werden kann.

In Fig. 11 ist eine Schnittansicht einer weiteren Aus-

führungsform des druckempfindlichen Fühlers in Verbindung mit einer Stoßstange dargestellt, wobei der druckempfindliche Fühler an der Umfangsfläche des Kissens 32 angebracht ist und einen optischen Wellenleiter 1, eine einteilige lichtaussendende und lichtempfangende Einrichtung 30, die mit einem Ende des optischen Wellenleiters verbunden ist, eine Reflektorplatte 21, die mit dem anderen Ende des optischen Wellenleiters 1 verbunden ist, und eine Erfassungseinrichtung 13, die mit der lichtaussendenden und lichtempfangenden Einrichtung 30 über Kabel 9, 10 verbunden ist, umfaßt.

Die Erfassungseinrichtung 13 ist mit einer Treiberschaltung für das Leuchtelement und einem Treiberschaltkreis und Signalverarbeitungsschaltkreis für das lichtempfangende Element versehen.

Eine derartige Stoßstange weist die gleiche Funktion und die gleiche Wirkung auf wie die oben beschriebene Stoßstange, mit der Ausnahme, daß das an dem Reflektor 21 ankommende Licht zum lichtempfangenden Element in der lichtaussendenden und lichtempfangenden Einrichtung 30 reflektiert wird.

Da weiter die lichtaussendende und lichtempfangende Einrichtung 30 bei dieser Stoßstange einteilig ausgebildet ist, besteht der Vorteil, daß die Kabel 9, 10 lediglich von einem Ende der Stoßstange bei dieser Konstruktion wegführen.

Fig. 12 zeigt eine Ausführungsform des druckempfindlichen Fühlers in der Reflektionsbauweise, wobei der optische Wellenleiter 1 senkrecht auf einer Grundplatte 34 über eine Halterung 35 angeordnet ist, und eine lichtaussendende Einrichtung 2 und eine lichtempfangende Einrichtung 3 am unteren Ende des optischen Wellenleiters 1 angebracht sind, und eine Reflektorplatte 21 am oberen Ende des optischen Wellenleiters 1 angebracht ist. Der an dem optischen Wellenleiter 1 angebrachte Teil der Reflektorplatte 21 ist luftdicht mit einer Schutzkappe 36 aus Metall, Kunststoff oder einem gummiartigen Material abgedeckt.

Bei dieser Führerkonstruktion wird das Vorhandensein und die Größe einer von außen einwirkenden Kraft mit hoher Genauigkeit auf der Grundlage des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins einer Biegeverformung des optischen Wellenleiters 1 erfaßt, so daß die Berührung mit einem Gegenstand sicher erfaßt werden kann, wenn der Fühler beispielsweise an einem Fahrzeug, an einem automatisch geführten Fahrzeug, einem Gabelstapler oder ähnlichem angebracht ist. Wenn der Stoßdämpfer weiter an einem Fördergerät, z. B. einem Förderer oder ähnlichem, angebracht ist, kann der Durchgang eines zu fördernden Gegenstandes genau erfaßt werden.

Im folgenden soll das Verfahren zur Herstellung eines flexiblen optischen Wellenleiters gemäß der Erfindung beschrieben werden.

Fig. 13 zeigt eine erste Ausführungsform der Vorrichtung zur Herstellung des flexiblen optischen Wellenleiters gemäß der Erfindung, wobei die Vorrichtung einen Extruder 100 zum Extrudieren eines transparenten Kernmaterials 102 nach unten durch eine Düse 103 durch die Drehung einer Schnecke 101 umfaßt.

Das von der Düse 103 extrudierte, transparente Kernmaterial 102 hat vorzugsweise eine hohe Viskosität bis zu einem Grad, der keine Fluidisierung, Verformung oder ähnliches bis zum Aushärten bewirkt, damit das Kernmaterial 102 eine gegebene Größe und Form beibehält. Zu diesem Zweck hat das Kernmaterial bevorzugt eine Williamsplastizität von 50–1000, wenn die Viskosität in eine Plastizität übergeht.

Als transparentes Kernmaterial 102 kann synthetisches Gummi, wie z. B. Chloroprengummi, Urethangummi, Silikongummi, Acrylgummi, Fluoringummi, Ethylenpropylengummi, Ethylenpropylendienterpolymergummi, Epichlorohydringummi usw. verwendet werden.

Das von der Düse 103 extrudierte, transparente Kernmaterial 102 gelangt über einen ersten Beschichtungstank 104, wobei ein niedrigviskoses, transparentes, flüssiges Beschichtungsmaterial 105 in dem Tank 104 auf das transparente Kernmaterial 102 aufgebracht wird. Dann gelangt das beschichtete Kernmaterial durch einen ersten Wärmeofen 106, wo das transparente Kernmaterial 102 und das transparente Beschichtungsmaterial 105 ausreichend und gleichmäßig in einer radialen Richtung bei einer relativ niedrigen Temperatur aushärtet.

Auf diese Weise werden Ungleichmäßigkeiten auf der Umfangsfläche des transparenten Kernmaterials 102 durch die Düse 103 vollständig durch das Beschichtungsmaterial 105 ausgeglichen, wobei ebenfalls die Außenfläche des Beschichtungsmaterials 105 optisch ausreichend glatt durch das schnelle Aushärten ausgebildet werden kann.

Das niedrigviskose, transparente, flüssige Beschichtungsmaterial 105 hat vorzugsweise einen derartigen Brechungsindex, daß die Differenz des Brechungsindex zwischen den Materialien 102 und 105 nicht größer als 0,01 ist. Insbesondere ist das Beschichtungsmaterial 105 das gleiche wie das Kernmaterial 102 und hat einen Polymerisationsgrad, der niedriger als der des Kernmaterials 102 ist.

Als Beschichtungsmaterial 105 kann flüssiges, synthetisches Gummi mit einer Viskosität von 1–200P, wie z. B. Chloroprengummi, Butadiengummi, Isoprengummi, Urethangummi, Silikongummi, Acrylgummi, Ethylenpropylengummi, Ethylenpropylendienterpolymergummi, Epichlorohydringummi usw. dienen.

Wenn beispielsweise Silikongummi mit einem Phenylgruppengehalt von 3–35% und einer Williamsplastizität von 50–1000, wie z. B. Dimethyldiphenylpolysiloxan oder Phenylmethylpolysiloxan, als das hochviskose, transparente Kernmaterial 102 verwendet wird, wird als niedrigviskoses, transparentes Beschichtungsmaterial 105 ein Material aus flüssigem Silikongummi aus Dimethyldiphenylpolysiloxan und Phenylmethylpolysiloxan ausgewählt, das eine Viskosität von 1–200P und einen Phenylgruppengehalt aufweist, der gleich dem des Kernmaterials 102 ist, wodurch ein ausgehärteter Körper 107 ausgebildet wird, der aus dem Kernmaterial 102 und dem Beschichtungsmaterial 105 mit dem gleichen Brechungsindex besteht, und der eine ausgezeichnete Transparenz und Wärmewiderstandsfähigkeit aufweist.

In diesem Fall kann die Menge des Aushärtkatalysators gering gehalten werden, wenn der Aushärtmekanismus des Silikongummis als Kernmaterial 102 vom Additionstyp ist, so daß die Menge des Reaktionsnebenprodukts gering ist, so daß die Transparenz des Körpers 107 beträchtlich verbessert wird.

Die Aufbringung des Beschichtungsmaterials 105 auf das Kernmaterial 102 wird vor dem Aushärten des Kernmaterials 102 durchgeführt, wie dies in Fig. 13 dargestellt ist, kann jedoch ebenfalls nach dem Aushärten des Kernmaterials durchgeführt werden. Das in Fig. 13 dargestellte Aufbringverfahren wird jedoch, um die Haftfestigkeit zwischen dem Kernmaterial und dem Beschichtungsmaterial zu verbessern, bevorzugt. Weiter kann als Wärmeofen ein elektrischer Ofen, ein Heißluftofen, ein Heißdampföfen, ein heißes Flüssigkeitsbad

oder ähnliches als auch eine Strahlungseinrichtung mit ultravioletten Strahlen, eine Bestrahlung, ein Elektronenstrahl oder ähnliches verwendet werden, die als Heizeinrichtung zum Aushärten verwendet werden.

Der ausgehärtete Körper 107 aus dem Kernmaterial 102 und das Beschichtungsmaterial 105 gelangen durch einen zweiten Beschichtungstank 109, in dem sich ein Umhüllungsmaterial 108 befindet, so daß das Umhüllungsmaterial 108 auf die Umfangsfläche des Körpers, insbesondere auf das Beschichtungsmaterial 105, aufgebracht wird, woraufhin dann der Strang durch einen zweiten Wärmeofen 110 geleitet wird, um das Aushärten des Umhüllungsmaterials 108 durchzuführen, wodurch man einen transparenten, gummiartigen, elastomeren Körper erhält, der einen hohen Brechungsindex aufweist, d. h. man erhält einen flexiblen optischen Wellenleiter 111, der aus dem ausgehärteten Körper 107 als Kern und einem gummiartigen Elastomer mit einem niedrigen Brechungsindex als Umhüllung besteht.

Die so hergestellte flexible optische Wellenführung 111 wird auf eine Aufnahmetrommel 113 über Führungswalzen 112 aufgewickelt.

Auf diese Weise wird das Umhüllungsmaterial 108 auf die optisch ausreichend glatte, äußere Fläche des Beschichtungsmaterials 105 in einem Zustand aufgebracht, der genau dieser äußeren Oberfläche entspricht, und dann ausgehärtet, so daß der optische Übertragungsverlust aufgrund der Unebenheit der Grenzfläche zwischen dem ausgehärteten Körper 107 und dem Umhüllungsmaterial 108 wirksam bei der sich ergebenden optischen Wellenführung verhindert werden kann.

Als Umhüllungsmaterial 108 zur Ausbildung einer Umhüllung durch Aushärten kann ein flüssiges Gummi verwendet werden, das einen Brechungsindex aufweist, der niedriger als der des ausgehärteten Körpers 107 ist, und aus einer Gruppe, umfassend flüssigen Silikongummi, flüssigen Fluoringummi, flüssigen Butadiengummi, flüssigen Ethylenpropylengummi und ähnliches, ausgewählt wird. Dabei kann, wenn man ein Dimethylpolysiloxan vom Additionsreaktionstyp oder ein Dimethylsiloxan, das mit ultravioletten Strahlen ausgehärtet wird, verwendet, die Aushärtzeit zur Steigerung der Aushärtgeschwindigkeit verkürzt werden. Dabei wird, wenn der ausgehärtete Körper, insbesondere das transparente Beschichtungsmaterial 105, aus Silikongummi besteht, die Adhäsionskraft zwischen dem Körper 107 und dem Umhüllungsmaterial 108 verbessert, wodurch man eine optische Wellenführung mit einer ausgezeichneten mechanischen Festigkeit erhält.

Bei der Aufbringung des Umhüllungsmaterials 108 besteht die Gefahr, wenn der Körper 107 vollständig ausgehärtet ist, daß der Körper und das Umhüllungsmaterial nicht ausreichend miteinander beim Aushärten entsprechend dem verwendeten Material in Verbindung treten, da es im allgemeinen schwierig ist, ausgehärtetes Gummi mit nichtausgehärtetem Gummi zu verbinden. Wenn andererseits ein Klebstoff dazwischen aufgebracht wird, vermindert die Klebstoffsicht die optischen Eigenschaften der optischen Wellenführung. Es wird daher bevorzugt, die Länge und die Temperatur des ersten Wärmeofens 106 und die Extrusionsgeschwindigkeit des Kernmaterials 102 so zu bestimmen, daß der Körper 107 in einem halbausgehärteten Zustand verbleibt, und daß dann das Umhüllungsmaterial 108 auf den halbausgehärteten Körper aufgebracht wird.

Weiter ist es möglich, die äußere Oberfläche des Umhüllungsmaterials 108 mit einem primären Beschich-

tungsmaterial, einem Pufferbeschichtungsmaterial, einem Deckmaterial oder ähnlichem zu beschichten, um einen Schutz und einen Puffer gegen mechanische Stoßbelastung und zur Entfernung von Streulicht und ähnlichen zu schaffen.

Im folgenden wird ein Lichtdurchgangstest für die flexible optische Wellenführung, die nach dem erfundungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde, beschrieben.

Als Kernmaterial wurde ein grünes Phenylmethysilikongummi vom Additionsreaktionstyp (Phenylgruppengehalt: 25%, Polymerisationsgrad: etwa 5000) durch eine Düse mit einem Durchmesser von 1,8 mm mit einer Geschwindigkeit von 5 m/min. extrudiert, auf welches dann als Beschichtungsmaterial ein Phenylmethysilikongummi vom Additionsreaktionstyp (Phenylgruppengehalt: 25%, Viskosität: 30P) aufgebracht wurde, und dann der Strang in einem Wärmeofen von 10 m Länge (Temperatur: 200°C) ausgehärtet wurde, um einen ausgehärteten Körper, bestehend aus dem Kernmaterial und dem Beschichtungsmaterial, auszubilden. Dann wurde eine Beschichtung aus Dimethylsilikongummi vom Additionsreaktionstyp (Viskosität: 30P) auf den ausgehärteten Körper aufgebracht, der dann in einem Wärmeofen von 1,2 m Länge bei einer Temperatur von 200°C ausgehärtet wurde, um eine flexible optische Wellenführung herzustellen.

Die so erhaltene optische Wellenführung hat einen Durchmesser von 2,2 mm und eine Tageslichtpermeabilität von 90% pro 1 m.

Alternativ kann die bei dem erfundungsgemäßen druckempfindlichen Fühler verwendete flexible optische Wellenführung hergestellt werden, indem man zuerst ein Umhüllungsrohr herstellt, das aus einem flexiblen, hohlen, rohrförmigen Körper und einer auf der Innenfläche des hohlen, rohrförmigen Körpers ausgebildeten Zwischenschicht besteht, und man dann ein flüssiges Kernmaterial mit einem Brechungsindex, der größer als der der Zwischenschicht ist, in den rohrförmigen Körper eingeßt, und dann diesen Strang mittels Wärme oder Bestrahlung oder ultravioletten Strahlen aushärtet.

Das Umhüllungsrohr wird vorzugsweise hergestellt, indem man eine Beschichtungsflüssigkeit in das Innere des hohlen, rohrförmigen Körpers von mindestens einem Ende eingeßt, um darin einen Flüssigkeitsstand des Beschichtungsmaterials auszubilden, und man dann das andere Ende des hohlen, rohrförmigen Körpers nach oben zieht, wobei man den Flüssigkeitsstand des Beschichtungsmaterials hält, um die Beschichtungsflüssigkeit auf die Innenfläche des hohlen, rohrförmigen Körpers aufzubringen, und man dann schnell die an der inneren Umfangsfläche des hohlen, rohrförmigen Körpers haftende Beschichtungsflüssigkeit aushärtet, um die Zwischenschicht auszubilden.

Bei diesem Verfahren wird entweder ein Endabschnitt des hohlen, rohrförmigen Körpers nach oben gezogen und auf einer Aufwickeltrommel aufgewickelt, während man den Flüssigkeitsstand der Beschichtungsflüssigkeit beibehält, wodurch die Beschichtungsflüssigkeit gleichmäßig und einheitlich auf die innere Umfangsfläche des hohlen, rohrförmigen Körpers aufgebracht wird, und zwar aufgrund der Relativbewegung zwischen dem hohlen, rohrförmigen Körper und dem Flüssigkeitsstand. Dies kann solange durchgeführt werden, wie der Flüssigkeitsstand sich im Inneren des rohrförmigen Körpers befindet, so daß die Beschichtungsflüssigkeit ausreichend gleichmäßig und kontinuierlich auf die innere Umfangsfläche des länglichen, hohlen,

rohrförmigen Körpers mit gleichförmiger Dicke aufgebracht wird, ohne daß Oberflächenunebenheiten infolge von Sackbildung oder ähnlichem auftreten.

Die so aufgebrachte Beschichtungsflüssigkeit wird schnell mittels einer Aushärteinrichtung, die vorzugsweise an einer Stelle gerade oberhalb der Aufbringung angeordnet ist, ausgehärtet, um die Zwischenschicht auszubilden, so daß keine Gefahr des Herunterfließens oder der Sackbildung durch die Beschichtungsflüssigkeit in der Zeit von der Aufbringung der Beschichtungsflüssigkeit bis zum Aushärten besteht.

Die Zwischenschicht mit der glatten inneren Oberfläche kann in dem optischen Wellenleiter mit gleichförmiger Dicke umfangmäßig und in Längsrichtung ausgebildet werden, wodurch die Übertragungseigenschaften des optischen Wellenleiters beträchtlich verbessert werden können.

Fig. 14 zeigt eine Ausführungsform der Vorrichtung zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens, die einen Aufwickelmotor 121, eine von dem Motor 121 angetriebene Aufnahmetrommel 122, einen Wärmeofen oder eine Bestrahlungseinrichtung 125 für eine Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen oder anderen Strahlen umfaßt. Insbesondere dient der in der dargestellten Ausführungsform verwendete Wärmeofen 125 zum Vernetzen und Aushärten einer auf eine innere Umfangsfläche eines hohlen, rohrförmigen Körpers 123 aufgebrachten Beschichtungsflüssigkeit 124, wobei ein Flüssigkeitsstandfuhrer 126 zur Erfassung des Flüssigkeitsstandes der Beschichtungsflüssigkeit 124 im Innern des hohlen, rohrförmigen Körpers 123 und eine Steuerung 127 zur Steuerung des Betriebes des Motors 121 auf der Grundlage eines von dem Flüssigkeitsstandfuhrer 126 ausgegebenen Signals vorgesehen sind. Wenn notwendig, kann die Vorrichtung weiter eine mit dem Ende des hohlen, rohrförmigen Körpers 123 verbundene Vakuumpumpe 128 aufweisen.

Beim Betrieb der Vorrichtung wird die Beschichtungsflüssigkeit 124 in das Innere des rohrförmigen Körpers 123 mindestens von einem Ende eingebracht, um einen Flüssigkeitsstand der Beschichtungsflüssigkeit 124 im hohlen, rohrförmigen Körper 123 auszubilden, während das andere Ende des hohlen, rohrförmigen Körpers 123 oder eine damit verbundene Schleife auf die Aufnahmetrommel 122 durch den Wärmeofen 125 aufgewickelt wird.

Der hier verwendete Ausdruck "Flüssigkeitsstand" bedeutet, daß sich die Beschichtungsflüssigkeit 124 örtlich im mittleren Teil des hohlen, rohrförmigen Körpers 123 befindet, und daß ein Bereich von dem mittleren Abschnitt des hohlen, rohrförmigen Körpers 123 bis zu seinem der Aufnahmetrommel gegenüberliegenden Ende vollständig mit Beschichtungsflüssigkeit gefüllt ist.

Der flexible, hohle, rohrförmige Körper kann aus einem Kunstarzharz, wie z. B. Polyethylen, Polypropylen, Vinylchloridharz, Nylonharz usw., einem Gummimaterial, wie z. B. natürlichem Gummi, Butadiengummi, Isopren-gummi, Styrolbutatiengummi, Butylgummi, Silikongummi, Fluoringummi usw., und einer Mischung davon bestehen. Wenn man dabei ein Gummimaterial verwendet, erhält man eine optische Wellenführung mit ausgezeichneter Flexibilität und Dehnbarkeit, zusammen mit dem unten erwähnten Kernmaterial.

Als Beschichtungsflüssigkeit 124 wird vorzugsweise flüssiges Dimethylsilikonummi, flüssiges Fluoringummi und fluorinthaltes flüssiges Silikongummi, wie z. B. flüssiges Polymethyltrifluoropropylsiloxan, flüssiges Polymethyltetrahydroperfluoroctylsiloxan oder ähnli-

ches, verwendet. Der Aushärtmechanismus dieses flüssigen Gummis kann ein Peroxidaushärtung, ein Aushärten durch eine Additionsreaktion oder eine Kondensationsreaktion, ein Aushärten mittels Elektronenstrahl, einer Bestrahlung oder einem ultravioletten Strahl usw. umfassen. Insbesondere, wenn man Silikongummi vom Additionsreaktionstyp verwendet, wird kaum ein Reaktionsnebenprodukt erzeugt, so daß man eine Zwischenschicht mit ausgezeichneten Eigenschaften erhält.

Der Betrag der in den hohlen, rohrförmigen Körper 123 gegossenen Beschichtungsflüssigkeit 124 wird vorzugsweise durch die Länge und den inneren Durchmesser des hohlen, rohrförmigen Körpers 123, die Viskosität der Beschichtungsflüssigkeit, die Beschichtungsgeschwindigkeit und ähnlichem bestimmt.

Wie in Fig. 15a dargestellt, wird, wenn der Flüssigkeitsstand der Beschichtungsflüssigkeit 124 an einer Stelle höher als die Stelle des Flüssigkeitsstandfuhrers 126 liegt, der hohle, rohrförmige Körper 123 durch den Antriebsmotor 121 auf die Aufnahmetrommel 122 aufgewickelt, wodurch die Aufbringung der Beschichtungsflüssigkeit 124 auf die innere Umfangsfläche des hohlen, rohrförmigen Körpers beginnt.

In diesem Fall fällt der Stand der Beschichtungsflüssigkeit 124 relativ zum hohlen, rohrförmigen Körper 123 infolge seines Eigengewichts oder durch die Wirkung einer von dem Antrieb der Vakuumpumpe 128 bewirkten Saugkraft nach unten, so daß sich der absolute Flüssigkeitsstand allmählich bis zu einem Anfangszustand der Aufbringung absenkt, bei dem eine relativ geringe Aufbringgeschwindigkeit vorliegt, und schließlich an einer Stelle unterhalb des Flüssigkeitsstandfuhrers 126 ankommt, wie dies in Fig. 15b dargestellt ist.

Wenn der Zustand von Fig. 15b durch den Flüssigkeitsstandfuhrer 126 erfaßt wird, wird ein Erfassungssignal von dem Führer 126 zu einem Regler 127 ausgegeben, wodurch die Umdrehungsgeschwindigkeit des Aufwickelmotors 121 so gesteuert wird, daß der hohle, rohrförmige Körper 123 mit einer vorbestimmten konstanten Geschwindigkeit aufgewickelt wird. Auf diese Weise können das Streuen beim Beginn des Aufbringens und andere Bedingungen vollständig ausgeglichen werden, so daß das Aufwickeln des hohlen, rohrförmigen Körpers mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit durchgeführt wird, so daß der Flüssigkeitsstand eine Stelle höher als eine vorbestimmte Höhe, höher als der Flüssigkeitsstandfuhrer 126 bei einer derartig vorbestimmten Geschwindigkeit, erreicht, wie dies in Fig. 15c dargestellt ist.

Der hier verwendete Flüssigkeitsstandfuhrer 126 ist ein optischer Führer, wenn der hohle, rohrförmige Körper 123 transparent ist, oder ein Überschall- oder direktrichtiger Führer, wenn er nicht durchscheinend ist.

Die aufgebrachte Beschichtungsflüssigkeit 124 wird schnell zu einer Zwischenschicht 129 ausgehärtet, wenn der hohle, rohrförmige Körper 123 durch den Wärmeofen 125 geführt wird, der unmittelbar oberhalb des Flüssigkeitsstandfuhrers 126 angeordnet ist.

Die Zwischenschicht 129 wird somit kontinuierlich und sehr wirksam in dem länglichen, hohlen, rohrförmigen Körper 123 ausgebildet. Andererseits kommt der Flüssigkeitsstand der Beschichtungsflüssigkeit 124 gleichmäßig mit der inneren Umfangsfläche des hohlen, rohrförmigen Körpers 123 sowohl in Umfangs- als auch in Längsrichtung in Berührung, so daß die Beschichtungsflüssigkeit mit gleichförmiger Dicke ohne Ungleichförmigkeiten in beiden Richtungen aufgebracht werden kann.

Die aufgebrachte Beschichtungsflüssigkeit wird weiter unmittelbar vor dem Auftreten eines Fließens oder einer Sackbildung ausgehärtet, so daß die sich ergebende Zwischenschicht 129 insgesamt eine gleichförmige Dicke aufweist, und wobei ihre innere Oberfläche ausreichend glatt ist.

In das Innere des so erhaltenen Umhüllungsrohres wird ein flüssiges Kernmaterial mit einem Brechungsin-  
dex, der größer als der der Beschichtungsflüssigkeit ist, eingegossen und dann durch Erwärmen oder durch Strahlung oder durch ultraviolette Strahlen ausgehärtet, wodurch man einen flexiblen optischen Wellenleiter erhält.

Als Kernmaterial, das in das Umhüllungsrohr eingesogen wird, kann man flüssige Gummiarten, wie z. B. flüssiges Polyurethan, flüssiges Acrylgummi, flüssiges Ethylenpropylendienterpolymer, flüssiges Epichlorohydringummi, flüssiges Silikongummi usw., verwenden. Insbesondere, wenn man Methylalkylpolysiloxan mit einer Alkylgruppe, z. B. einer Phenylgruppe, einer Naphthylgruppe, einer Ethylgruppe, einer Propylgruppe, einer Amylgruppe, einer Butylgruppe, einer Hexylgruppe, einer Octylgruppe, einer Decylgruppe, einer Naphthalenethylgruppe oder ähnliches, verwendet, kann der Brechungsindeks frei gesteuert werden, und ebenfalls kann die Transparenz auf einfache Weise verbessert werden. Wenn weiter der Aushärtmechanismus eines derartigen Silikongummis vom Additionsreaktionstyp ist, wird die Menge des benötigten Aushärtkatalysators gering, und es wird kaum ein Reaktionsnebenprodukt erzeugt, so daß die Transparenz des Kernmaterials weiter verbessert werden kann.

Das Hochziehen des hohlen, rohrförmigen Körpers kann so durchgeführt werden, daß man zwei Flüssigkeitsstandführer anordnet und die Drehung des Aufwickelmotors so steuert, daß der Flüssigkeitsstand der Beschichtungsflüssigkeit sich in der mittleren Stellung zwischen diesen Flüssigkeitsstandführern befindet. Weiter kann, solange der Flüssigkeitsstand der Beschichtungsflüssigkeit beibehalten wird, nachdem der Flüssigkeitsstand eine gegebene untere Stellung erreicht, der hohle, rohrförmige Körper absatzweise auf die Trommel aufgewickelt werden.

Wenn der Flüssigkeitsstand der Beschichtungsflüssigkeit im hohlen, rohrförmigen Körper ausgebildet wird, kann die Beschichtungsflüssigkeit in den hohlen, rohrförmigen Körper durch Eintauchen der gesamten Länge oder nur des Endabschnitts des hohlen, rohrförmigen Körpers in die Beschichtungsflüssigkeit und durch Einführen von Luft durch den hohlen, rohrförmigen Körper aufgebracht werden. Der Ausdruck "Einbringen der Beschichtungsflüssigkeit" bedeutet daher, daß der Fall des Einbringens der Beschichtungsflüssigkeit zusätzlich zum Eingießen der Beschichtungsflüssigkeit mitumfaßt wird.

Wenn weiter die flexible optische Wellenführung bei dem erfundungsgemäß druckempfindlichen Fühler durch gleichzeitiges Extrudieren des flüssigen Kernmaterials und des flüssigen Umhüllungsmaterials durch konzentrisch angeordnete Düsen hergestellt wird, wird das Umhüllungsmaterial durch Bestrahlung, einen Elektronenstrahl oder durch ultraviolette Strahlen vernetzt und das Kernmaterial durch Erwärmen ausgehärtet.

Aufgrund dieses Verfahrens wird das Umhüllungsmaterial zuerst schnell durch die Strahlen unmittelbar unterhalb der konzentrischen Düsen vernetzt, so daß ein Vermischen zwischen dem Kernmaterial und dem Umhüllungsmaterial und eine Versetzung der Grenzfläche

dazwischen ausreichend verhindert werden, und der Außendurchmesser der optischen Wellenführung den erwarteten spezifizierten Wert erreicht.

Die Grenzfläche zwischen dem Kern und der Umhüllung ist ausreichend glatt, um den optischen Streuverlust zu vermindern, wobei die Größe der optischen Wellenführung leicht und sicher gesteuert werden kann.

Weiter kann gemäß dem obigen Verfahren die thermische Verschlechterung des Kerns durch das Aushärten des Kernmaterials durch Erwärmen bei einer relativ niedrigen Temperatur verhindert werden, wobei ebenfalls das Kernmaterial ausreichend gleichförmig und vollständig insgesamt in radialer Richtung aushärtet, so daß es nicht erforderlich ist, einen Fühler für die Absorption der Strahlung im Kernmaterial einzubauen, und entsprechend wird eine Steigerung des optischen Streuverlustes infolge des zusätzlich vorgesehenen Fühlers vollständig ausgeschaltet.

Fig. 16 zeigt eine Ausführungsform des Hauptteils der Vorrichtung zur Durchführung des obigen Verfahrens, wobei konzentrisch angeordnete Düsen 141 und 142 und innere und äußere Behälter 143 bzw. 144, die sich von den Düsen 141 und 142 erstrecken, vorgesehen sind.

Ein flüssiges Kernmaterial 145 befindet sich im inneren Behälter 143, während ein flüssiges Umhüllungsmaterial 146 sich im äußeren Behälter 144 befindet. Die beiden flüssigen Materialien 145 und 146 werden gleichzeitig durch die Düsen 141 und 142 unter einem Druck oder ihrem Eigengewicht extrudiert. Das extrudierte Umhüllungsmaterial 146 als Außenschicht wird schnell durch ultraviolette Strahlen einer Quecksilberlampe 147, die unterhalb der Düsen 141 und 142 an einer Stelle angeordnet ist, an der der Außendurchmesser des Umhüllungsmaterials gleichförmig ist, vernetzt, und dann wird das Kernmaterial 145 im Umhüllungsmaterial 146, genauer das Kernmaterial 145 in einer Umhüllung 146a, die durch Vernetzen des Umhüllungsmaterials 146 erhalten wurde, bei einer relativ niedrigen Temperatur in einem Wärmeofen 148 ausgehärtet, der unterhalb der Quecksilberlampe 147 angeordnet ist, um einen Kern 145a aus einem gummiartigen Elastomer mit einem hohen Brechungsindeks auszubilden, wobei auf diese Weise eine flexible optische Wellenführung mit einer Umhüllung 146a aus einem gummiartigen Elastomer mit einem niedrigen Brechungsindeks hergestellt wird. Die so erhaltene flexible optische Wellenführung wird auf eine Aufwickeltrommel 150 über eine Führungsrolle 149 aufgewickelt.

Da das Kernmaterial 145 eine Vernetzungsreaktion durch Erwärmen erzeugt, werden flüssige Gummiarten, wie z. B. flüssiges Silikongummi, flüssiges Polyurethangummi, flüssiges Butadiengummi usw., bevorzugt. Da das Umhüllungsmaterial 146 eine Vernetzungsreaktion durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen, eine Bestrahlung oder einen Elektronenstrahl erzeugt, werden flüssige Gummiarten, wie z. B. flüssiges Silikongummi, flüssiges Polyurethangummi, flüssiges Fluorogummi usw., bevorzugt.

Wenn das flüssige Silikongummi vom Additionsreaktionstyp hauptsächlich aus Dimethyldiphenylpolysiloxan oder Phenylmethylenpolysiloxan mit einem Phenylgruppengehalt von 5–35% als Kernmaterial 145 verwendet wird, und ein flüssiges Silikongummi von der Ultravioletstrahlungsvernetzungsart, das hauptsächlich aus Dimethylpolysiloxan besteht, als Umhüllungsmaterial 146 verwendet wird, kann die Produktionsgeschwindigkeit der flexiblen optischen Wellenführung ausrei-

chend vergrößert werden, da die Vernetzungsgeschwindigkeit des Umhüllungsmaterials 146 sehr groß ist, und ebenfalls die Klebkraft zwischen dem Kern 145a und der Umhüllung 146a vergrößert werden kann, um flexible optische Wellenführungen zu erzeugen, die stabile mechanische und optische Eigenschaften über einen weiten Temperaturbereich von einer niedrigen Temperaturzone bis zu einer hohen Temperaturzone aufweisen.

Das Umhüllungsmaterial 146 wird gemäß dem beschriebenen Verfahren schnell in die Umhüllung 146a vernetzt, bevor sich das Kernmaterial 145 damit vermischen kann und eine Versetzung der Grenzfläche zwischen beiden Materialien 145 und 146 auftritt, wobei die sich ergebende Umhüllung in den Wärmeofen 148 eingebbracht wird und dabei ihre Form beibehält, so daß der optische Streuverlust sehr wirksam verminder werden kann und die Größe der optischen Wellenführung leicht gesteuert werden kann, um sicherzustellen, daß die erwarteten Abmessungen realisiert werden, um sicher eine Schwankung der Größe zu verhindern.

Das Kernmaterial 145 wird weiter zu einem homogenen Kern 145a durch Erwärmen bei einer relativ niedrigen Temperatur in dem Wärmeofen 148 ausgehärtet, ohne daß ein Fühlermittel für die Absorption der Strahlung im Kernmaterial vorgesehen sein muß, so daß die thermische Verschlechterung des Kerns 145a infolge der Hochtemperaturerwärmung, eine ungleichförmige Vernetzungsreaktion und ähnliches wirksam verhindert werden können, wodurch der optische Streuverlust ebenfalls in vorteilhafter Weise vermindert wird.

Ein Gerät zur Bestrahlung oder ein Gerät zur Bestrahlung mit einem Elektronenstrahl kann natürlich statt der Quecksilberlampe 147 als Mittel zur Vernetzung des Umhüllungsmaterials 146 verwendet werden. Weiter kann irgendeine von diesen Vernetzungseinrichtungen einstückig mit dem Wärmeofen 148 verbunden sein.

Wenn die Vernetzungseinrichtung für das Umhüllungsmaterial 146 einstückig mit dem Wärmeofen 148 verbunden ist, wird bevorzugt, die Vernetzungseinrichtung zu kühlen oder dazwischen eine Wärmeisolierung vorzusehen. Weiter wird bevorzugt, die Strahlung der Vernetzungseinrichtung in den Ofen über eine Quarzfa- 40  
ser oder eine andere optische Faser einzuleiten.

Obwohl die dargestellte Ausführungsform die Herstellung einer flexiblen optischen Wellenführung, bestehend nur aus dem Kern 145a und der Umhüllung 146a, zeigt, kann der Beschichtungsschritt mit einem Primärbeschichtungsmaterial, einem Pufferbeschichtungsmaterial, einem Abdeckmaterial oder ähnlichem vor oder nach dem Verfahrensschritt im Wärmeofen 148 durchgeführt werden. Im letzteren Fall wird bevorzugt, daß der Aushärtotofen nach dem Beschichtungsschritt angeordnet wird.

Wie oben erwähnt, kann die optische Wellenführung einer sehr flexiblen und großen elastischen Verformung in allen Richtungen unterworfen werden, so daß kein Bruch oder plastische Verformung der optischen Wellenführung und ein Lösen der lichtaussendenden und lichtempfangenden Einrichtung von der optischen Wellenführung bewirkt wird, wobei das Vorhandensein und die Größe einer von außen einwirkenden Kraft mit einer sehr hohen Empfindlichkeit erfaßt werden kann, und die Hitzebeständigkeit, die Wetterbeständigkeit und die Stoßbeständigkeit entscheidend verbessert werden können.

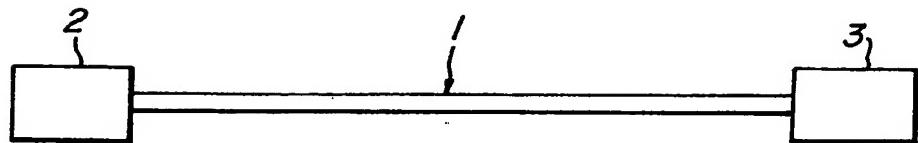
Da die optische Wellenführung aus einem gummiarti-

gen Elastomer besteht, kann weiter nicht nur eine wiederholte Ermüdung vermindert werden, sondern ebenfalls werden die Schwierigkeiten, die elektromagnetische Wellen bereiten, wirksam verhindert, so daß sich eine Explosionssicherheit, eine Gewichtsverminderung und eine Miniaturisierung des Gerätes ergibt.

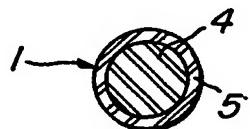
Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

38 02 527  
G 01 D 5/26  
28. Januar 1988  
11. August 1988

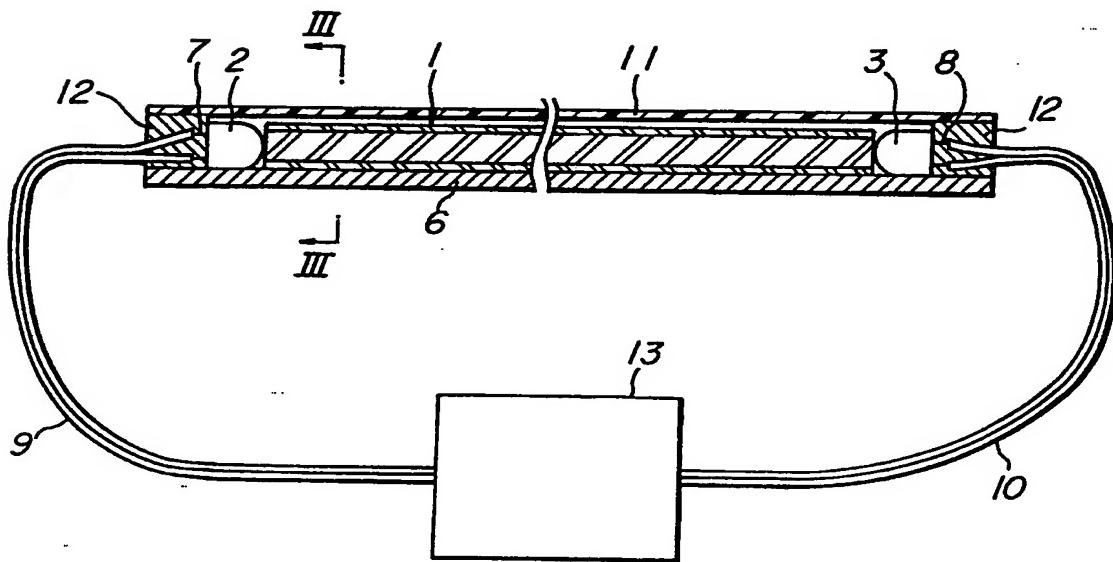
**FIG. 1a**

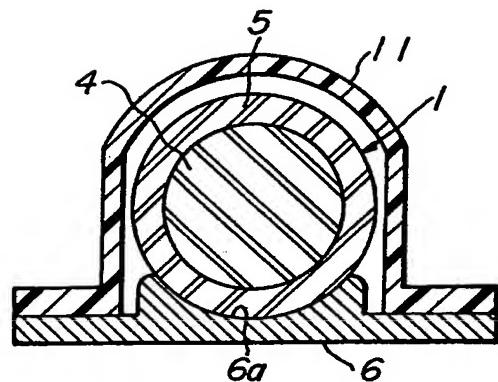
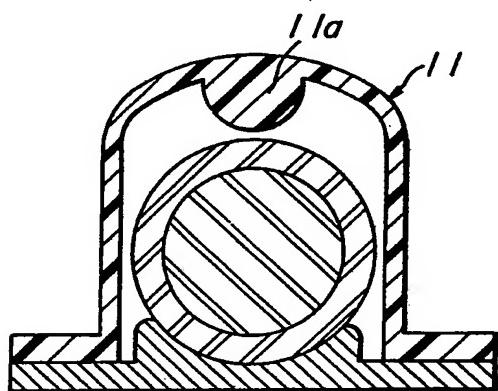
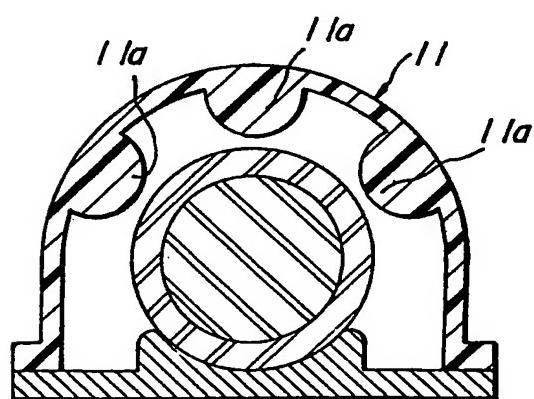


**FIG. 1b**

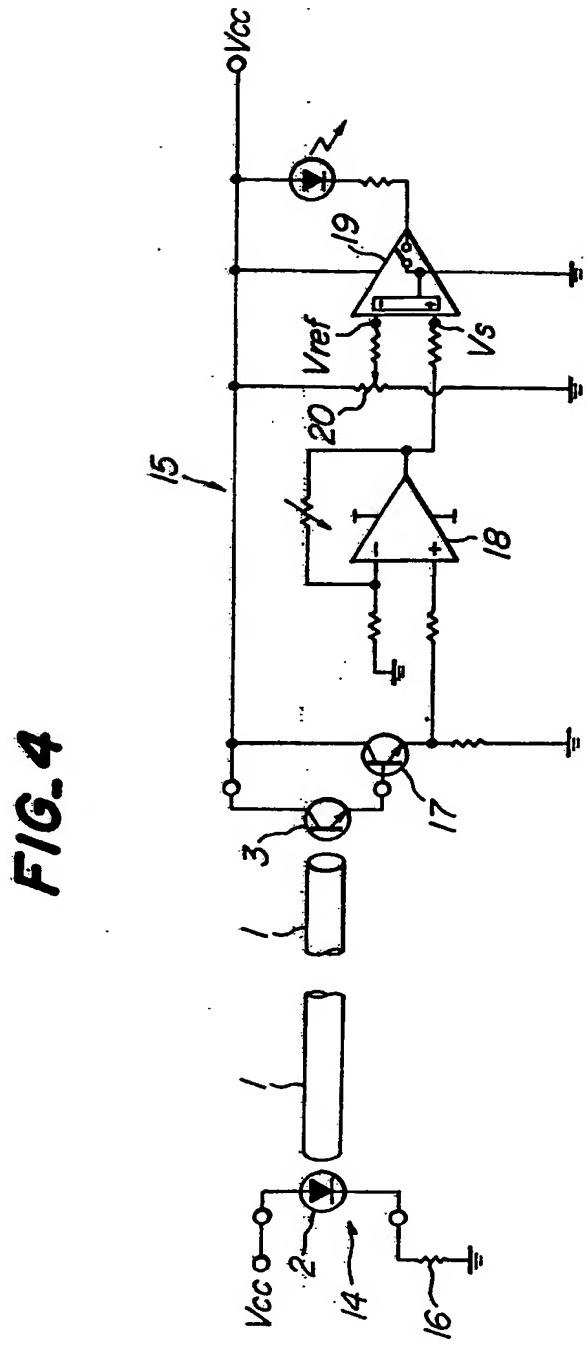


**FIG. 2**



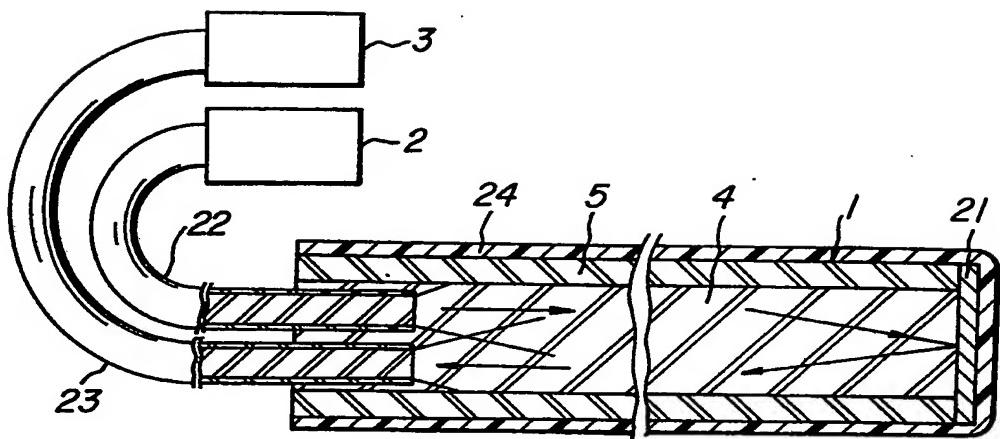
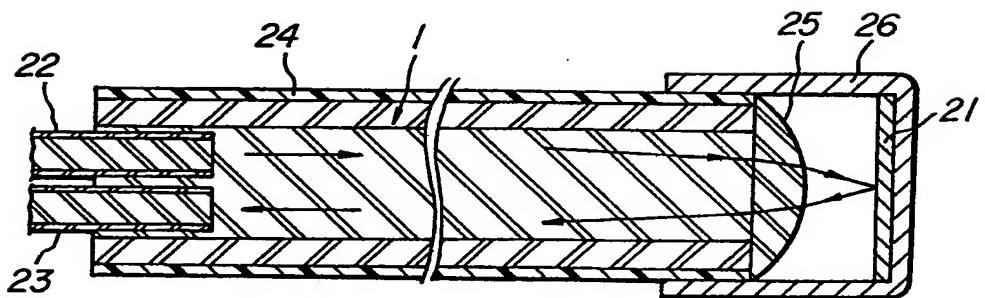
**FIG. 3a****FIG. 3b****FIG. 3c**

3802527

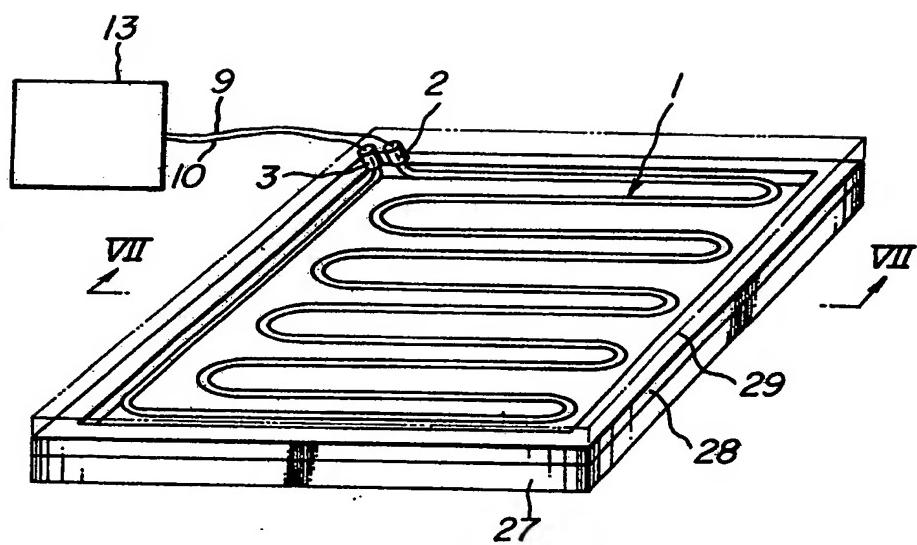
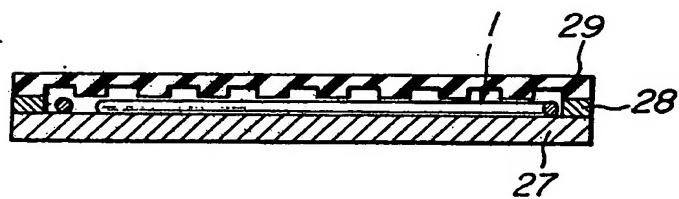


20001 56

3802527

**FIG. 5****FIG. 6**

3802527

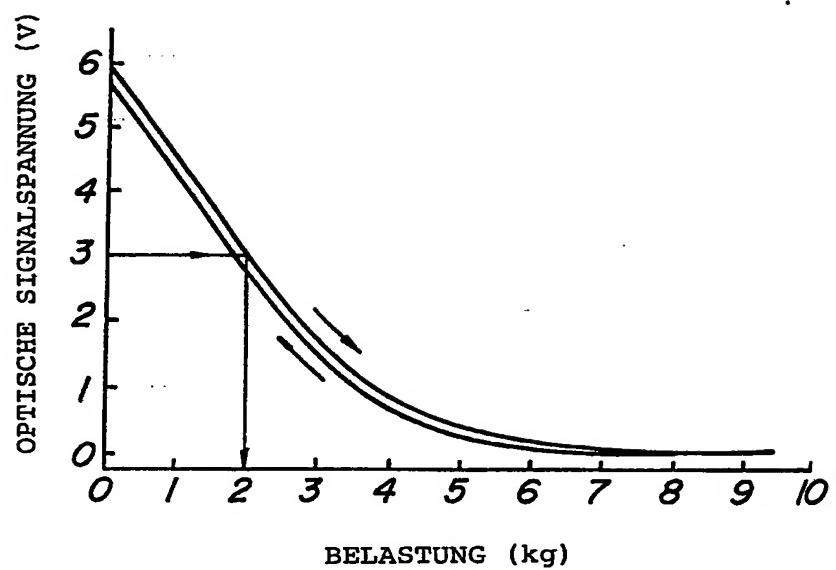
**FIG. 7a****FIG. 7b**

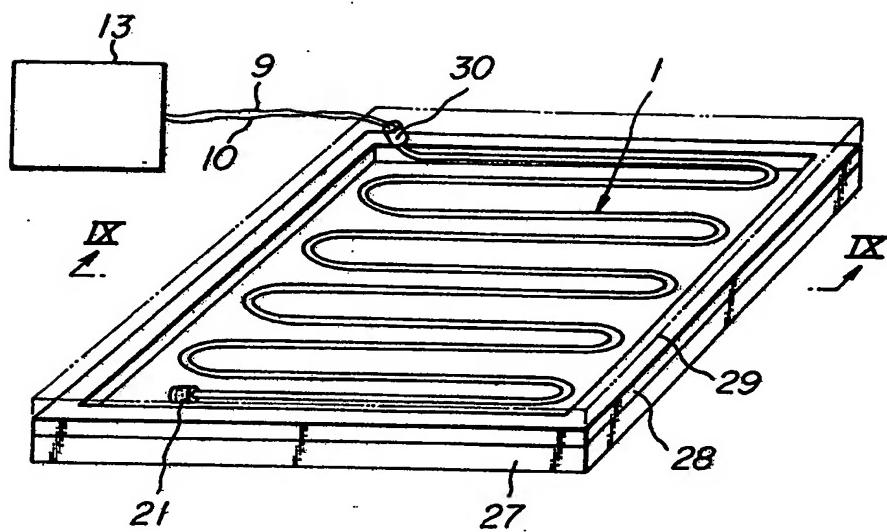
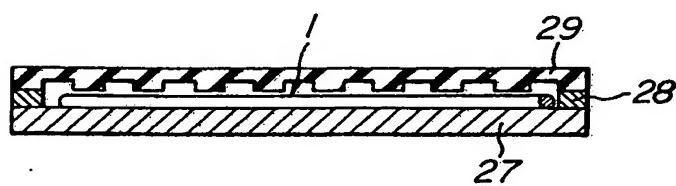
~~58.1~~

58.

3802527

**FIG. 8**

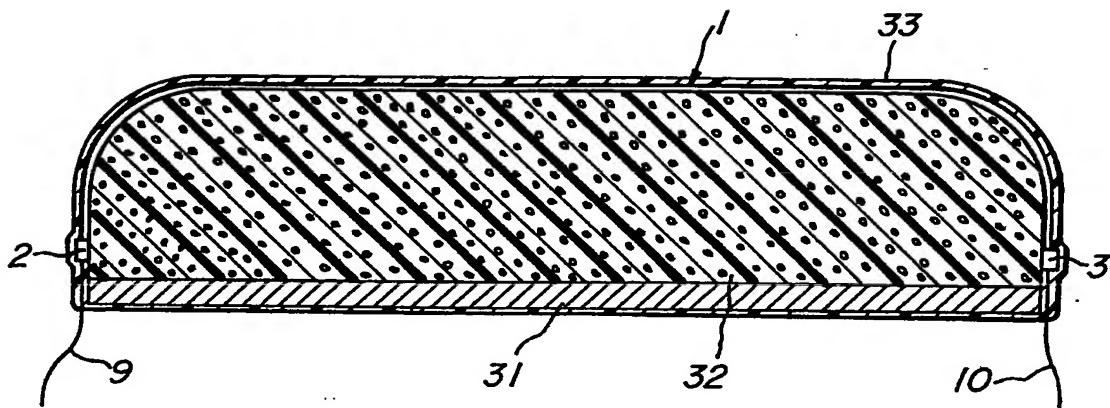


**FIG. 9a****FIG. 9b**

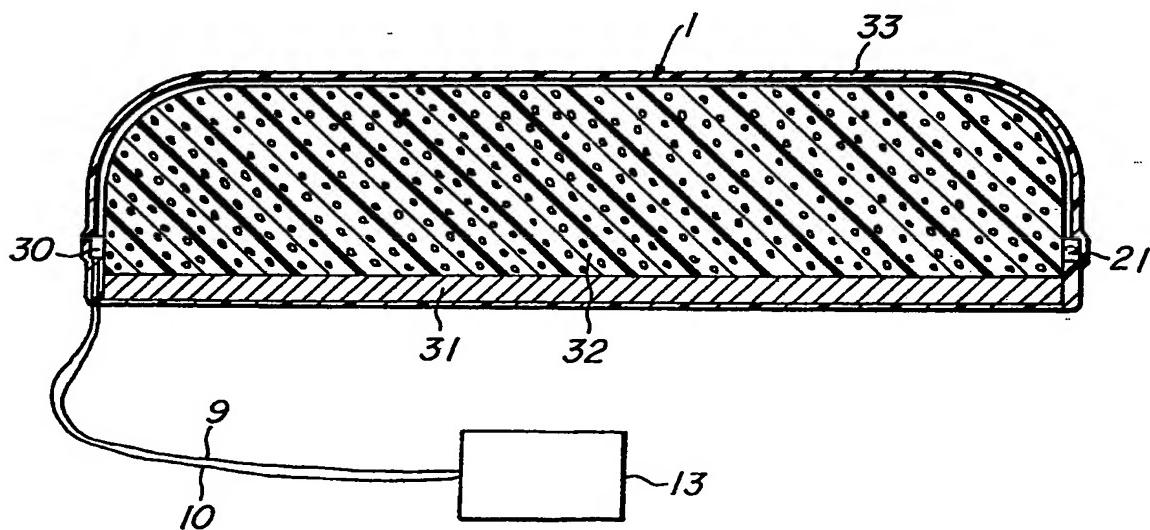
60 1  
3802527

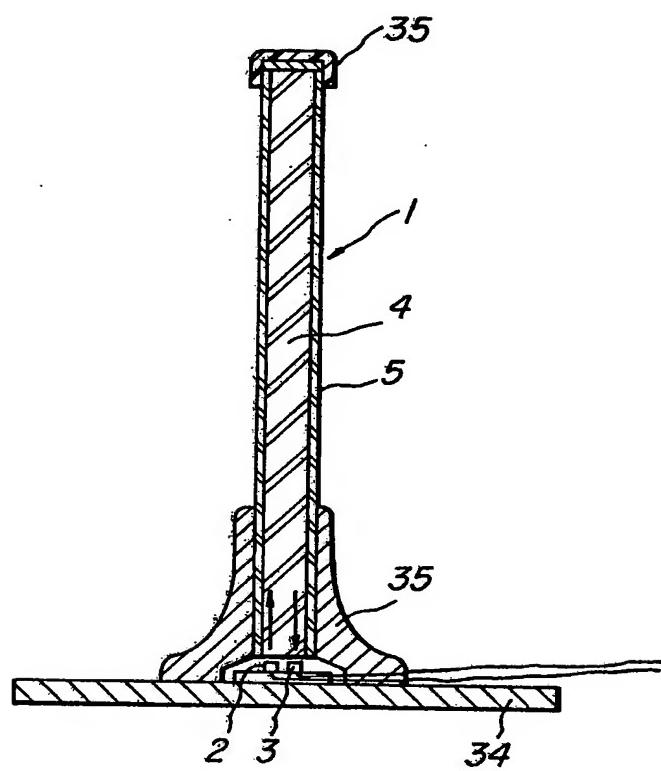
60

**FIG. 10**



**FIG. 11**



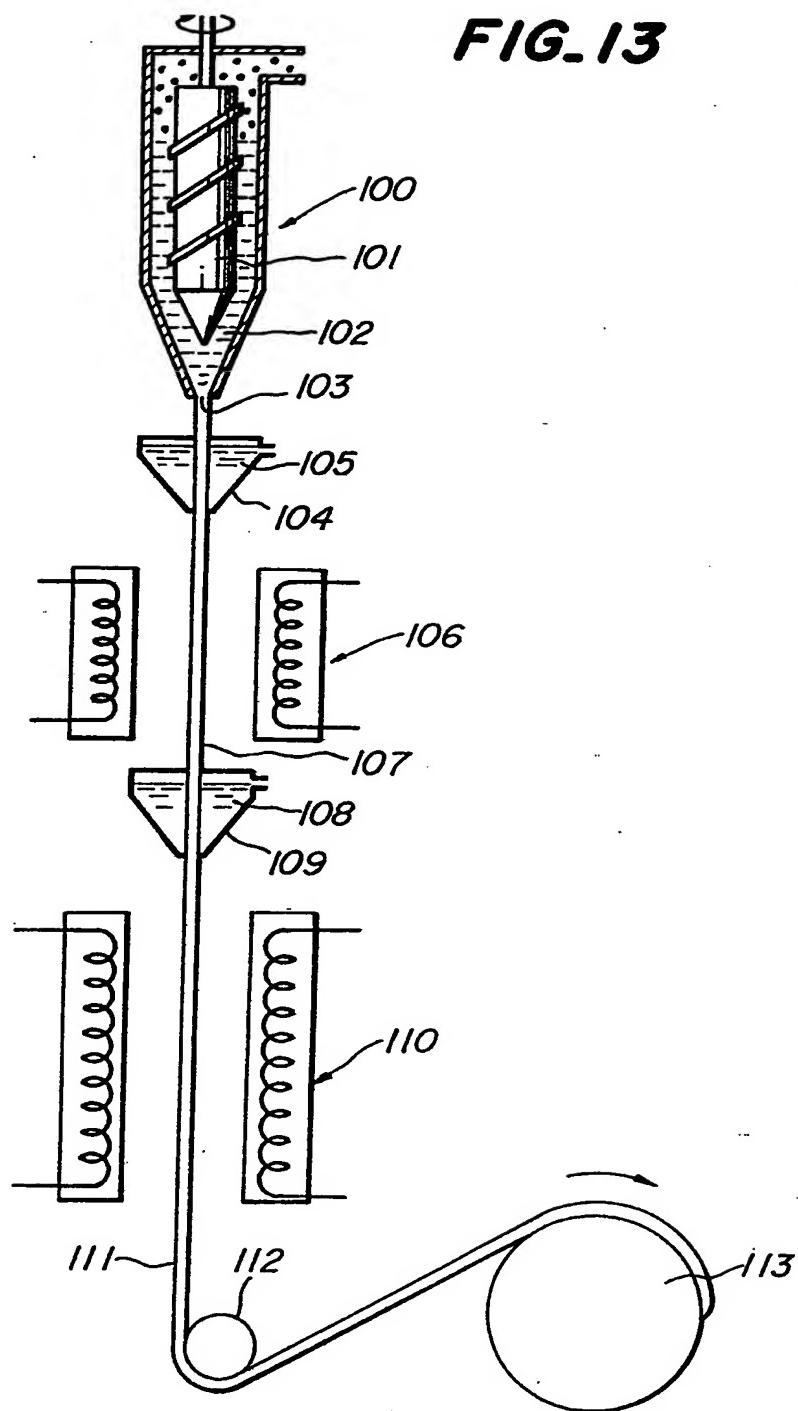
**FIG. 12**

100-000-000 Fig. 62-1

62  
1

3802527

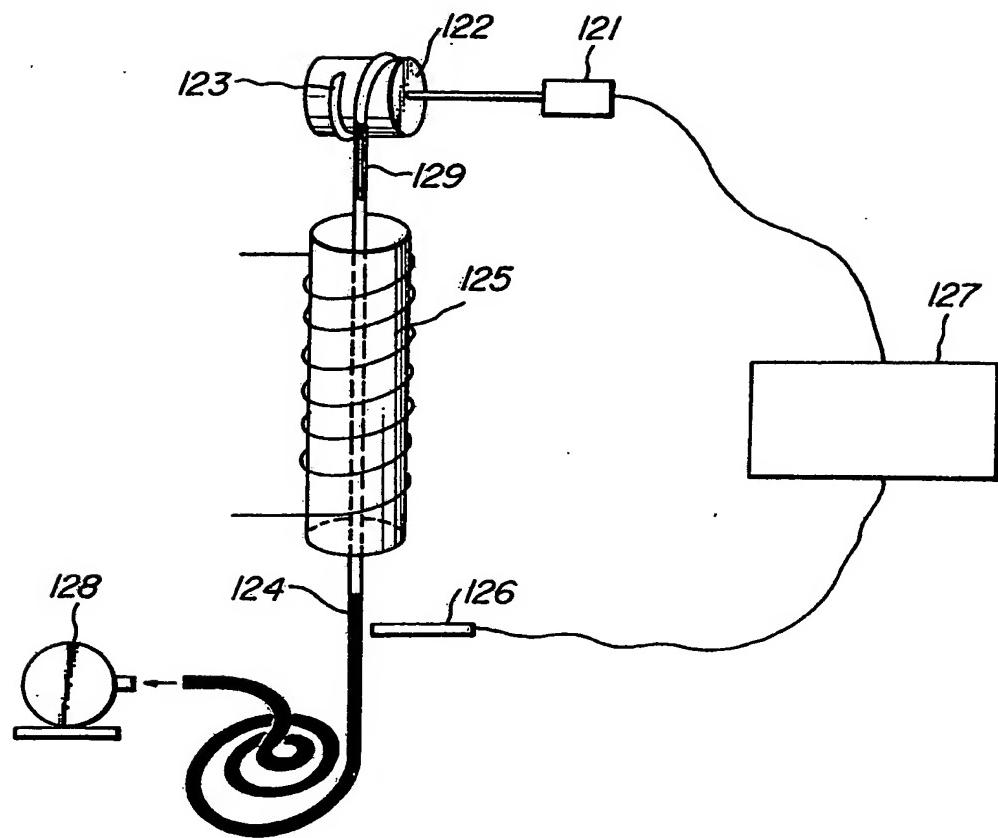
**FIG. 13**



63-11  
63

3802527

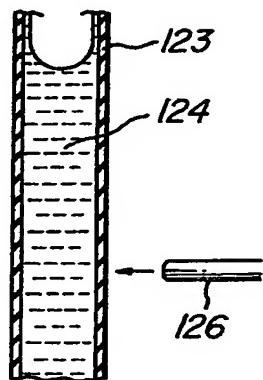
FIG. 14



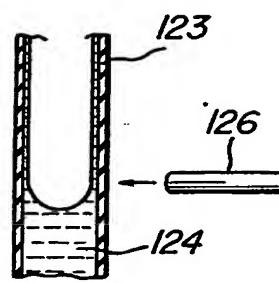
64 1 64

3802527

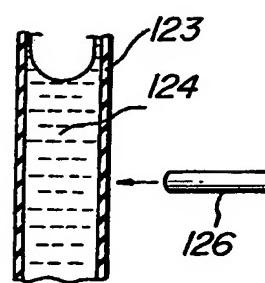
*FIG. 15a*



*FIG. 15b*



*FIG. 15c*



65 1 65

3802527

FIG. 16

